

النباتات الراقية
واحتياجاتها الغذائية

الأستاذ الدكتور/ إيهاب الصياد



بطاقة الفهرسة
إعداد الهيئة المصرية العامة لدار الكتب والوثائق القومية
إدارة الشئون الفنية

الصياد ، إيهاب .
النباتات الراقية واحتياجاتها الغذائية .
تأليف : إيهاب الصياد .
ـ ط ١ ـ القاهرة : دار المعارف ، ٢٠٠٩.
١٧٦، ١٦ ص ؛ ٢١ سم ـ (سلسلة المعارف الزراعية) .
تدمك : ٨ ـ ٧٣١٥ ـ ٠٢ ـ ٩٧٧ ـ ٩٧٨ .
١ ـ النباتات .
أ) العنوان .

ديوى ٥٨٠

رقم الإيداع ٥٢٨٨ / ٢٠٠٩ ٣٤/ ٢٠٠٦ /١

تصميم الغلاف: شريفة أبو سيف

تنفيذ المتن والغلاف
بقطاع نظم وتكنولوجيا المعلومات
دار المعارف

الناشر : دار المعارف - ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة ج . م . ع.
هاتف: ٢٥٧٧٧٠٧٧ – فاكس: ٢٥٧٤٤٩٩٩ E-mail: maaref@idsc.net.eg

مقدمة

تعتبر الخلية هى الوحدة التركيبية والوظيفية الأساسية للحياة. وفى الكائنات الأولية مثـل النباتـات وحيدة الخلية فإن الخليـة تعتبر كائنا حيا يقـوم بجميع الوظائف الحيوية والانقسـام لزيادة أعدادها. أما النباتـات الراقية فهى النباتات التى تتكون أجسامها من العديد من الخلايا المتجمعة والتى تنظم بكل دقة عمليات النمو والتطور خلال التفاعلات الكيميائية وهى تنقسـم إلى جذر وساق وأوراق وأزهار وثمار وتتكاثر عـن طريق زراعة البذور، كما أنها تحتوى على مادة الكلوروفيل فى أوراقها وبالتالى تستطيع أن تقوم بعملية التمثيل الضوئى وتكوين المواد الكربوهيدراتية من خلالها.

كمـا أن النباتات الراقية تحتاج إلى العديد من العناصر الغذائية الضرورية لنموها والتـى تسـتطيع أن تحصـل عليها من خلال ثغـور الأوراق مثل عناصـر الكربون والأكسـجين من الهواء الجوى عن طريق غاز ثانى أكسـيد الكربون والماء المكون من ذرتين ذرة هيدروجين وذرة أكسـجين عن طريق الامتصاص بواسطة الجذور كما أن بقيـة العناصر تدخل إلى جسـم النبات من خلال الامتصـاص بالجذور على صورة أيونات ذائبة فى المحلول الأرضى.

وتعتـبر النباتات الراقية أحد العناصر الأساسـية لوجـود الحياة على كوكب الأرض نظـراً للدور الذى تلعبه فى عملية التمثيل الضوئى من خلال تنقية الهواء الجوى من غاز ثانى أكسـيد الكربون وانطلاق غاز الأكسـجين اللازم للحياة. كما أن النباتات الراقية تعتبر مصدراً رئيسـياً لإنتاج المواد الغذائية المختلفة للإنسـان والحيوان. ولذا فإن الإنسـان على مر السـنين ينظـر إلى النباتات على أنها أحد المصـادر الرئيسـية لغذائه، وبالتالى فإن كل محاولاته تنحصر فى السـعى الدائم للحصـول على أعلى محصـول ممكن منها. والنبـات كأى كائن حى يحتاج إلى العديد من العوامل اللازمة لحياته. وتعتبر العناصر الغذائية التى يستمدها النبات من الأرض أحد العوامل المحددة لنموه وكذلك كمية ونوعية المحصول الناتج. ولذا

فإن توفر العناصر الغذائية الضرورية للنبات بصورة ميسرة فى الأرض التى ينمو عليها بالإضافة إلى توفر العناصر الأرضية الأخرى والعوامل البيئية المناسبة سوف يؤدى بالضرورة إلى الحصول على أعلى إنتاج من نباتات الصنف التى تحمل نفس الصفات الوراثية، ولذا فإنه يمكن القول: إن محتوى النبات من العناصر الغذائية ماهو إلا دليل على حالة تيسر تلك العناصر فى الأرض التى ينمو عليها النبات.
ويهدف هذا الكتاب إلى استعراض العناصر الغذائية الضرورية للنباتات الراقية. كل على حدة من حيث المصدر ومدى احتياج النبات للعنصر ووظائفه داخل النبات، ومحتوى النبات منه وعلاقته بالعناصر الأخرى والصور التى يتواجد عليها داخل النبات والصور الميسرة للعنصر فى التربة. كما يتضمن الكتاب أيضاً صوراً ملونة للأعراض التى تظهر على النباتات الراقية نتيجة لنقص أحد العناصر الغذائية الضرورية للنمو. وقد تم أيضاً توضيح أسس تقدير الاحتياجات السمادية للنباتات الراقية وأهم اختبارات التربة التى يمكن عن طريق إجرائها معرفة الاحتياجات السمادية للنبات.

وقد تضمن الباب الأخير استعراضاً للجزء النباتى المناسب أخذه لتحليل عينات النبات للتعرف إلى حالتها الغذائية وتقدير الاحتياجات السمادية وذلك للعديد من المحاصيل الحقلية والخضر والفاكهة عن طريق الجداول الملحقة لكل محصول والذى يمكن عن طريقها تفسير النتائج المتحصل عليها من تحليل العينات النباتية للعناصر المختلفة ووضع التوصيات السمادية المناسبة لتلك المحاصيل كل على حدة.

وأرجو أن يلبى هذا الكتاب رغبات الدارسين والعاملين فى المجالات المختلفة للإنتاج الزراعى.

والله ولى التوفيق

المؤلف

أ.د إيهاب الصياد

الباب الأول

مصادر وصور العناصر الغذائية وميكانيكية امتصاصها بواسطة النباتات الراقية

مكونات التربة:

التربة نظام يتكون من مواد غير متجانســة تشـكل ثلاثة أطوار مختلفة الخواص وهى:

١ – الطور الصلب Solid phase.

٢ – الطور السائل Liquid phase.

٣ – الطور الغازى Gaseaus Phase.

وسوف نستعرض مكونات كل طور من هذه الأطوار الثلاثة فيما يلى:

١ – الطور الصلب Solid phase: وتتكون المواد الصلبة للتربة من محصلة العمليات الفيزيائيــة والكيميائية والحيوية. وهو المخزن الرئيســى لمعظم العناصــر الغذائية التى يحتاجها النبات لكى يكمل دورة حياته ويشمل الطور الصلب جزءين رئيسيين هما:

(أ) الجزء المعدنى Inorganic Portion: ويتألف من حبيبات معدنية مختلفة الأقطار والأحجام. وذلك لاختلاف أصل مكوناتها. بعضها خشن يمكن رؤيته بالعين المجردة وبعضها دقيق جدا لايمكن رؤيته حتى بالميكروســكوب العادى وعليه تقسم تلك الحبيبات حسب أحجامها إلى:

رمل خشن قطر حبيباته ٢,٠– ٠,٢ مم

رمل ناعم قطر حبيباته ٠,٢– ٠,٠٢ مم

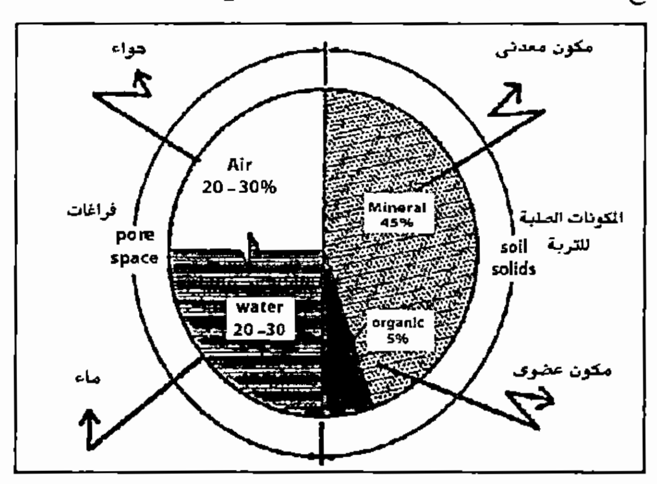
سلت قطر حبيباته ٠,٠٢– ٠,٠٠٢ مم

طين قطر حبيباته أقل من ٠,٠٠٢ مم

والجزء المعدنى يتكون من المعادن الأولية Primary minerals والمعادن الثانوية Secondary Minerals.

(ب) الجزء العضـــوى Organic Portion: وهو الجزء المكمل للطور الصلب للتربة وهــو عبارة عن بقايا ومخلفات النبات والحيوان المعرضة لعمليات التحلل داخل التربة بواسطة الكائنات الحية الدقيقة.

والشــكل (١) يوضح النســب التقريبية لمكونات التربة الثلاث (الطور الصلب- الطور السائل- الطور الغازى) المختلفة للتربة فى أرض طميية سلتيه تحت الظروف المثلى لنمو النبات على أساس الحجم حيث يلاحظ أن ٤٥٪ من حجم الأرض عبارة عن مواد صلبة معدنيــة بينما تكون المادة العضوية ٥٪ فقط. والـــ٥٠٪ الأخرى عبارة عن فراغات بين الحبيبــات تمتلئ نصفها بالماء أى حــوالى ٢٠- ٣٠٪ من حجم الأرض الكلى. والنصف الآخــر وهــو حوالى ٢٠- ٣٠٪ من حجم الأرض الكلــى يمتلئ بالهواء وذلك عند ظروف الرطوبــة المثلى لنمو النبات. ومن الجدير بالذكر أن المكونات المختلفة للأرض توجد فى حالة تداخل واختلاط مع بعضها يؤدى إلى تفاعلات كثيرة داخل كل مكون أو بين هذه المكونات مع بعضها مما يؤدى إلى تغييرات ملموسة فى الظروف المحيطة لنمو النبات.



شكل (١) التركيب الحجمى لأرض طميية سلتيه للطبقة السطحية فى حالة الظروف المثلى لنمو النبات

الصورة التى توجد عليها العناصر الغذائية فى الطور الصلب فى التربة:

إن الحبيبات المعدنية والعضوية فى الطور الصلب فى التربة هى المخزن الرئيسى للعناصر الغذائية فى الأرض حيث يحتوى ذلك المكون على معظم الكمية الكلية للعناصر الغذائية ولكن توجد تلك العناصر فى صورة مركبات كيميائية معدنية وعضوية تقسم كما يلى:

- معادن أولية Primary minerals
- معادن ثانوية Secondary minerals
- مادة عضوية Organic matter

أولا: المعادن الأولية:

وهذه المعادن نتجت من تفتت الصخور عندما تعرضت إلى عوامل التعرية الطبيعية فقط وبالتالى لم يحدث أى تغيير فى تركيبها الكيميائى عما كانت عليه فى الصخر الأصلى. ونظرا للكبر النسبى لأقطار تلك المعادن فإنها تتركز فى الجزء الخشن من الجسم الصلب (فى مجموعة الرمل) ، وتنحصر أهميتها فى أنها مخزن العناصر الغذائية التى يحتاجها النبات. وتنطلق العناصر الغذائية من تلك المعادن إلى المحلول الأرضى فى صورة ميسرة للنبات إذا ما تعرضت هذه المعادن لعمليات التعرية الكيميائية (مثل الذوبان- الانحلال المائى) . ويوضح الجدول (١) أهم المعادن الأولية التى توجد فى الأرض وخواصها والتى تعتبر مصدرا هاما للعناصر الغذائية للنبات.

جدول (١) أهم المعادن الأولية والتى تعتبر مصدرا للعناصر فى الأرض

المعدن	الرمز الكيميائى	الخواص
- الفلسبارات feldspar		
أورثوكلاز	$KAlSi_3O_8$	مقاوم جدا للتجوية ويتأثر بالتحليل المائى ومصدر للبوتاسيوم فى الأراضى.

المعدن	الرمز الكيميائى	الخواص
أنورثيت	$Ca\ Al_2SI_2O_8$	قابل للتجوية أسرع من الأورثوكلاز مصدر للكالسيوم فى الأراضى.
-الامفيبولات والبيروكسين		
هورنبلند (أمفيبول)	$(Ca)(Mg,Na,Fe,Al)_3Si_4O_{11}$	معادن غامقة اللون- قابلة للتجوية حيث تكون معادن طين عند تجويتها وتمد الأرض بعناصر الكالسيوم- المغنسيوم- الحديد.
أوجيت (بيروكسين)	$(Ca)(Mg,Al,Fe)\ Si_2O_6$	
-الميكا Mica		
ميكا مسكوفيت	$K(Si,Al)_4Al_2O_{10}(OH)_2$	فاتح اللون- تركيبه صفائحى يعطى بوتاسيوم عند تحلله ومعادن طين
ميكا بيوتيت	$K(Si,Al)_4(Fe,Mg)_3O_{10}(OH)_2$	غامق اللون أقل ثباتا من السابق ويعطى بوتاسيوم وحديدا عند تحلله.
- الأوليفين		
الفورستريت	Mg_2SiO_4	سهلة التجوية وتعطى عند تحللها معادن طين غنية بالحديد وهى تسهم كثيرا فى خصوبة الأرض.
الفيالايت	Fe_2SiO_4	

ثانيا: المعادن الثانوية Secondary minerals:

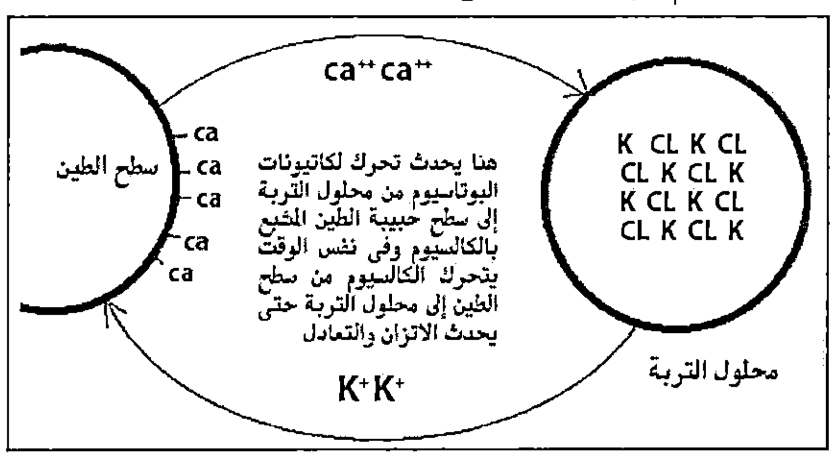
وتنشــأ هذه المعادن نتيجة عمليات التعرية الكيميائية للمعادن الأولية التى تعتبر الأســاس فــى تكوين المعادن الثانويــة التى تمد النبات بالعناصــر الغذائية. وتوجد هــذه المعــادن غالبا فى الجزء الناعــم من التربة والذى أقطاره أقــل من ٠,٠٠٢ مم (مجموعة الطين) وأهم هذه المعادن موضحة فى جدول رقم (٢) .

جدول (٢) أهم المعادن الثانوية الموجودة فى الأرض:

المعدن	الرمز	الخواص
معادن الكربونات		
الكالسيت	$CaCO_3$	قليــل الذوبــان فى المــاء ويعطى فورانــاً مع المحاليــل الحامضية ويذوب فى حامض الهيدروكلوريك ولــه أهمية خاصة فى تنظيم pH الأرض كمــا أنــه يعتــبر مصدرا للكالسيوم والمغنسيوم.
المغسيت	$MgCO_3$	
الدولوميت	$(Ca,Mg)(CO_3)_2$	
معادن الكبريتات		
الجبس	$CaSO_4.2H_2O$	من أكثــر معادن الجــدول قابلية للذوبان كما أنه مصدر للكالســيوم والكبريت
الانهيدريت	$CaSO_4$	
معادن الكبريتورات		
البيريت	Fe,s	مصدر للحديد والكبريت ويتأكسد تحــت ظــروف مناســبة مكونة حامض الكبريتيكH_2so_4

الخواص	الرمز	المعدن
		معادن الفوسفات
معـدن بنى اللـون وهـو المصدر الأصلى للفوسفور فى الأرض	$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$	الابانيت
		الأكاسيد
أحمر اللون يكسـب الأرض اللون الأحمر فى حالـة الظروف جيدة التهوية ودليل على جودة الصرف	Fe_2O_3	هيماتيت
بنـى غامـق مغناطيسـى مقـاوم للتجوية	Fe_3O_4	ماجنيتيت
	Al silicate	معادن الطين

ومعـادن الطين أهم المعادن الثانوية من حيث علاقتها الشـديدة بخصوبة التربة وتغذية النبات. وذلك لانها مسئولة بدرجة كبيرة على الخواص الطبيعية والكيميائية للأراضى، وكذلك يؤثر الطين على العمليات الحيوية للتربة بصورة مباشـرة أو غير مباشرة ومن أهم خواص الطين ما يلى:



١ – تحمل شـحنات كهربية سالبة على سطوحها تدمص عليها كاتيونات العناصر الغذائية ويمكن لهذه الكاتيونات أن تخرج إلى المحلول الأرضى عن طريق عملية التبـادل مما يجعل تلك المعادن تتحكـم فى تركيز العناصر الغذائية فى المحلول الأرضى ويمكن أن نوضح ذلك كما يلى:

والشحنات السالبة الموجودة على سطوح الطين تكون جزءًا منه ومثبتة بجزيئات الطين. ولا تسـتطيع الحركة إلى محلول التربة. وكل شـحنة سـالبة موجودة على الطين أو فى محلول التربة يجب أن يرافقها شـحنة موجبة معادلة لها. وفى المثال السـابق يلاحظ حدوث حركة من محلول التربة إلى سـطوح الطين وفى نفس الوقت حركة معاكسـة من سـطوح الطين إلى المحلـول الأرضى. وذلك مـن أجل حدوث تعادل كهربى فى كلا الجسمين ومرافقة كل أنيون كاتيون لمعالجة الشحنة. وحيث إن الكالسـيوم ثنائى التكافؤ (شـحنتان موجبتان) فإن هنـاك حاجة إلى أيونين من البوتاسـيوم (أحادى التكافؤ = شـحنة موجبة واحدة) لكل أيون كالسيوم تحرر من سطوح الطين من أجل حدوث التعادل.

٢ – يؤثـر الطين فى الصفـات الطبيعية للتربة التى بدورهـا تؤثر فى نمو النبات. حيث إن الطين له مسـاحة سـطحية كبيرة جدا بالمقارنة بالسلت والرمل ولذلك فإنه المسئول عن الخواص التالية: احتفاظ التربة بالماء، تجميع الحبيبات، تقلص وتمدد التربة، تشبع التربة بالماء وكذلك فإن الطين يؤثر فى مرونة التربة وحركة الماء بها.

٣ – تقوم معادن الطين من النوع ٢ : ١ بتثبيت العناصر الغذائية ومنها البوتاسـيوم والأمونيوم (NH_4^+) .

ومن الجدير بالذكر أن للطين سـعة تبادليـة كاتيونية تختلف من معدن طين إلى آخر ويمكن إيضاحها فى الجدول رقم (٣) .

معادن الطين Clay minerals	السعة التبادلية الكاتيونية Cation Exchange Capacity (CEC) ملليمكافئ/ ١٠٠ جم معدن
الكاؤلينيت Kaolinite	٣ – ١٥

السعة التبادلية الكاتيونية Cation Exchange Capacity (CEC) ملليمكافئ/ ١٠٠ جم معدن	معادن الطين Clay minerals
٥٠ – ٢٠	Illite الايليت
١٢٠ – ٨٠	Montimorilonite المونتيموريللونيت
٢٠٠ – ١٠٠	Vermiculite الفيرميكوليت
٤٠ – ١٠	Chlorite الكلوريت
٣٠٠ – ٢٠٠	Humus الدبال

جدول (٣) السعة التبادلية الكاتيونية لبعض معادن الطين

(المصدر: Scheffer- Schachtschabel, 1976)

ولا ننسى في هذا المجال أن نذكر بعض المعادن الشائعة التى تحتوى على العناصر الغذائية الصغرى والتى تعتبر المصادر الرئيسية لهذه العناصر فى الأرض.

جدول (٤) يوضح المعادن الشائعة التى تحتوى على عناصر المغذيات الصغرى

البورون Boron		
البورات المتأذرنة Hydrous Borates:		
$Na_2 B_4 O_7 . 10 H_2O$	Borax بوراكس	
$Na_2 B_4 O_7 . 4 H_2O$	Kernite كيرنيت	
$Ca_2 B_6 O_{11} . 5H_2O$	Colemanite كوليمانيت	
البورات غير المتأذرنة Anhydrous Borates:		
$Mg_3 (BO_3)_2$	Kotolt كوتولت	
النحاس Copper		
Cu_2S	Chalcocite كالكوسيت	الكبريتدات البسيطة Simple sulfides
CuS	Covellite كوفيليت	
$Cu Fe S_2$	Chalcopyrite كالكوبيريت	الكبريتدات المعقدة Complex Sulfides
$Cu_5 Fe S_4$	Bornite بورنيت	

الأكاسيد Oxides	Tenorite تينوريت	CuO
	Cuprite كوبيريت	Cu_2O
الكربونات Carbonates	Malachite مالاكيت	$Cu_2(OH)_2CO_3$
	Azurite أزوريت	$Cu_3(OH)_2(CO_3)_2$
الكبريتات Sulfat	Brochantite بروكانتيت	$Cu_4(OH)_6SO_4$
Iron الحديد		
أكاسيد Oxides	Hematite هيماتيت	Fe_2O_3
	Goethite جيوثيت	$FeOOH$
	Magnetite ماجنتيت	Fe_3O_4
كبريتدات Sulfides	Pyrite بيريت	FeS_2
كربونات Carbonates	Sidrite سيدريت	$FeCO_3$
سليكات مرتفعة الحرارة Many high temperature silicates	Olivine الأوليفين	$(Mg,Fe)_2SiO_4$
سليكات متأذرنة منخفضة الحرارة Low- temperature hydrated silicates	Glauconite جلايوكونيت	
manganese المنجنيز		
أكاسيد بسيطة Simple Oxides	Pyrolusite بيروليوسيت	MnO_2
	Husmannite هيوسمانيت	Mn_3O_4
	Manganite مانجانيت	$MnOOH$
أكاسيد معقدة Complex Oxides	Braiunite برايونيت	$Mn_2O_3.nH_2O$

Carbonites كربونات	رودوكروسيت Rhodochrosite	$MnCO_3$
Silicates السيليكات	Rhodonite	$MnSiO_3$
Zinc زنك		
Sulfides كبريتدات	Sphalerite سفاليريت	ZnS
Carbonates كربونات	Smithsonite سمثسونيت	$ZnCO_3$
Silicates سليكات	هيميمورفيت Hemimorphite	$Zn_4(OH)_2Si_2O._4H_2O$
Molybdenum موليبدنيوم		
Sulfides كبرتيدات	Molybdenite موليبدنيت	$MOOS_2$
Oxides أكاسيد	Ilsemannite السيمانيت	$MO_3O_8.8H_2O$
Molybdates موليبدات	Powellite بوويليت	$CaMoO_4$
	فيريموليبديت Ferrimolybdite	$Fe_2 (MoO_4).8H_2O$
	Wulfenite ولفينيت	$pbMoO_4$

(المصدر Krauskopf,1972)

ثالثا: المادة العضوية Organic matter

تتكـون المادة العضويـة فى الأرض من بقايا النباتـات المنزرعة وما يضاف إليها مـن أسمدة عضوية وهى تحتوى على جميـع العناصر الضرورية لنمو النبات، وعند إضافتهـا إلى الأرض تهاجمها الكائنات الحية الدقيقـة حيث تتحلل ويحدث بها تغيرات فى كمية العناصر الغذائية المكونة لها وفى نسب هذه العناصر بعضها لبعض حيث تفقد عناصر الكربون والأكسجين والهيدروجين بكميات كبيرة والناتج النهائى لتحلل المادة العضوية عبارة عن مادة معقدة التركيب وبطيئة التحلل يطلق عليها لفظ الدبال Humus. وتبلغ نسب الكربون: النيتروجين: الفوسفور: الكبريت فى الدبال حوالى ١٠٠ : ١٠ : ١ : ١. والدبال مادة غروية لها أسـطح نشـطة تحمل شـحنات

سالبة تنتج من تأين مجاميع الكربوكسيل COOH والفينول OH وبالتالى فإنها تدمص على سطوحها الأيونات موجبة الشحنة هذا بالاضافة إلى أن المادة العضوية تكون معقدة مع بعض العناصر مثل الحديد والمنجنيز.

وتؤدى هذه الصفات إلى حفظ المغذيات من الفقد فى مياه الصرف وخاصة فى الأراضى الرملية ذات المحتوى المنخفض من الطين. ومن الجدير بالذكر أن السعة التبادلية الكاتيونية للمادة العضوية تصل إلى ٤٥٠ للمكافئ/ ١٠٠جم منها أى ثلاثة أضعاف معدن طين المونتيموريلونيت.

٢ - الطور السائل Liquid phase

يمثل هذا الطور المحلول الأرضى Soil Solution بما يحتويه من عناصر غذائية وكذلك غازات ذائبة ويمكن القول بأن الطور السائل يحتوى على جميع العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات بكميات تتفاوت من عنصر إلى آخر ولكن بصفة عامة لا يمكن اعتبار الطور السائل مخزنا للعناصر الغذائية فيما عدا عنصر الكلورين حيث يسلك سلوكا مختلفا إذ يتواجد جزء كبير من مخزونه الكلى فى الأرض فى المحلول الأرضى ويرجع هذا السلوك لارتفاع درجة ذوبان مركباته (ثانوية التكوين) فى الأرض مع قلة انتشار المعادن المحتوية عليه أصلا. هذا بالاضافة إلى أن أنيون الكبريتات يتواجد بدرجة أقل فى المحلول الأرضى أيضا وتلك الأنيونات (الكلورين والكبريتات) لا تدمص على سطح الجسم الصلب ومن الجدير بالذكر أن الطور الصلب والمحلول الأرضى فى حالة اتزان. ولذلك فإن أى زيادة فى تركيز المحلول الأرضى نتيجة التسميد مثلا يتبعه أن تتبادل بعض أيونات هذه العناصر وتدمص على سطح الطين والمادة العضوية وأما إذا امتص النبات النامى بعض العناصر من المحلول الأرضى فإن تركيزها يقل إلى درجة تستدعى أن ينطلق جزء من العناصر الموجودة فى الطور الصلب إلى المحلول الأرضى حتى يظل تركيز هذا الأخير مناسباً وعلى هذا فإنه يمكن القول بأن تركيب وتركيز المحلول الأرضى يتوقف على عدة عوامل أهمها:

- التركيب المعدنى للأرض.

- درجة عمليات الغسيل.
- محتوى التربة من الرطوبة.
- الموسم الزراعي.

٣ - الطور الغازي Gaseous phase

يتكون الهواء الأرضي من نفس مكونات الهواء الجوي وتتوقف كميته في الأرض علي مقدار المسافات البينية وعلى مقدار امتلائها بالماء ويوضح جدول (٥) مقارنة بكل من الهواء الجوي والهواء الأرضي.

جدول (٥) مقارنة بين مكونات الهواء الجوي والأرضي

الغاز	٪ بالحجم	
	هواء جوى	هواء أرضى
أكسجين	٢١	٢٠
نيتروجين	٧٨,٠٣	٧٨,٦
أرجون	٠,٩٤	٠,٩٠
ثاني أكسيد الكربون	٠,٠٣	٠,٥

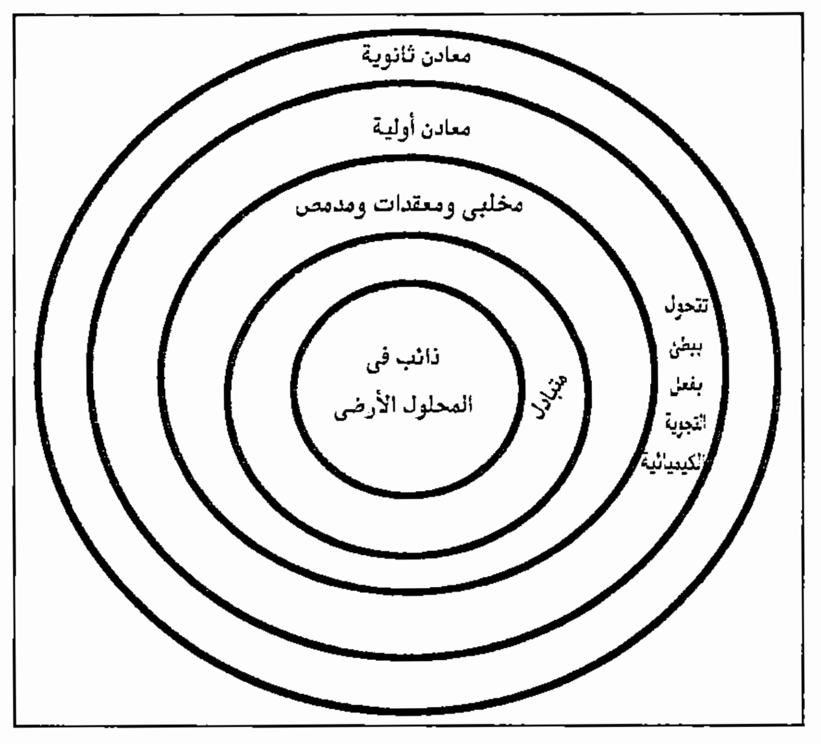
ويتضح من الجدول أن أهم الاختلافات بين الهواء الجوي والأرضي تنحصر في:

١ - ارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في الهواء الأرضي عن الهواء الجوي نتيجة انطلاقه أثناء تنفس الجذور والكائنات الحية في التربة. وكذلك نتيجة تحلل المادة العضوية وكذلك بطء انتشار الغاز وتسربه إلى الجو نتيجة لضيق المسافات البينية من جهة وكذا ثقل الغاز من جهة أخرى.. ومن الجدير بالذكر أن جزءًا من غاز CO_2 يذوب في الماء الأرضي مكونا حامض الكربونيك H_2CO_3 الذي يزيد من ذوبان بعض المركبات الحاملة للعناصر الغذائية مثل كربونات وفوسفات الكالسيوم. ولكن من ناحية أخرى فإن التركيز المرتفع من CO_2 يصاحبه نقص في تركيز الأكسجين في الهواء الأرضي (ظروف تهوية سيئة) . وله أثر ضار على النباتات والكائنات الدقيقة حيث يؤدي إلى تثبيط تنفس الجذور وامتصاص العناصر الغذائية.

٢ - انخفاض نسبة غاز الأكسجين فى الهواء الأرضى عن الجوى نتيجة لاستهلاك جزء كبير منه فى عمليات التنفس.

ويعتبر الهواء الأرضى مصدرا هاما لإمداد النبات باحتياجاته من النيتروجين وإن كانت معظم النباتات لا تستطيع الاستفادة من هذا النيتروجين مباشرة وتقوم بعض الكائنات الدقيقة بتثبيت هذا النيتروجين وتحوله من الصورة الغازية إلى صور يمكن للنبات الاستفادة منها.

ومما تقدم يمكن القول بأن العنصر يوجد فى الأرض فى عدة صور وليس صورة واحدة وتختلف هذه الصور فى مدى صلاحيتها للامتصاص بواسطة النبات.



رسم تخطيطى يوضح صور تواجد العناصر فى التربة (تبعاً لـ 1966 و Viets)

ويمثل الرسم التخطيطى السابق وجود العنصر فى عدة صور. ويلاحظ أن الثلاث صـــور الأولى وهى الصورة الذائبة فى الماء والصورة المتبادلة والصورة المعقدة والمخلوبة والمدمصـــه توجـــد فى حالة اتزان مع بعضها. ويلاحظ أيضا من الرســـم أن جزءاً من الموجود على صورة معادن أولية يمكن أن تنطلق إلى المحلول الأرضى مباشرة نتيجة تعرضهـــا لعمليـــات الذوبان ويلاحظ أن معنى الاتزان هنا هو أنه يحدث تعويض من الصور الأخرى نتيجة لنقص محتوى العنصر فى إحدى الصور وهكذا.

ومـــن الجديـــر بالذكر أن محلـــول التربة يحتوى علـــى الأيونـــات (الكاتيونات والأنيونات) أى العناصر الغذائية فى صورة ذائبة ســـهلة الامتصاص بواسطة النبات ويمكن توضيح الصور التى يمتص النبات عليها العناصر الغذائية كما يلى:

عناصر ضرورية لحياة النباتات الراقية تُمتص من الهواء الجوى

العنصر	الصورة التى يمتص عليها
الكـــربـــون (C)	CO_2 من الجو خلال ثغور الأوراق
الأكـســجـيـن (O)	CO_2, O_2 من الجو خلال ثغور الأوراق

عناصر ضرورية لحياة النباتات الراقية تُمتص من المحلول الأرضى

الهيدوجين (H)	H_2O
النيتروجين (N)	NH_4^+, NO_3^-
الـفـوسفـور (P)	$H_2PO_4^-$
البـوتاسيوم (K)	K^+
الكالـسيـوم (Ca)	Ca^+
الـمغـنسيوم (Mg)	Mg^{++}
الـكـبـريـت (S)	SO_4^{--}
الـحـــديـــد (Fe)	Fe^{++}
الـمـنجنـيز (Mn)	Mn^{++}

الـــزنـــك (Zn)	Zn^{++}
الـنـحـاس (Cu)	Cu^{++}
الـبـــورون (B)	BO_3^{--}
الموليبدنيوم (MO)	MoO_4^{--}
الـكـلـــور (Cl)	Cl^{-}

ميكانيكية امتصاص العناصر بواسطة النباتات الراقية

تتـم عملية امتصاص العنصر من المحلول الأرضى وتراكمه داخل الخلية النباتية على خطوتين كما يلى:

الأولى: الامتصاص البسيط Passive uptake: ومنه ينتقل العنصر من المحلـول الأرضى حيث تركيزه مرتفع إلى داخـل الجدار الخلوى حيث تركيزه منخفض نسبيا وتتم هذه العملية دون عائق بطريقة عكسية وتتبع قوانين الانتشار والادمصاص التى يتم فيها انتقال العنصر مع تدرج التركيز مثل عملية النزول من تل مرتفع لا يحتاج إلى طاقة.

وقـد أوضحـت التجارب أن الأيونـات يمكن أن تنتقل من وإلى جزء من النسـيج النباتى بطريقة عكسـية وبحرية بواسطة الانتشار وأنه يمكن استخلاصها من النسيج النباتـى مرة أخرى بعـد امتصاصها. والجزء من الخلية التـى تتحرك فيه الأيونات عكسـيا بواسـطة الانتشـار أى من التركيز المرتفع إلى التركيز المنخفض يسمى الفراغ الحر Free Space ويتم انتقال الأيونات من المحلول الأرضى إلى الفراغ الحر من الخلية بوسيلتين هما الانتشار Diffusion والادمصاص Adsorption فعند وضع الخلية النباتية فـى محلول ملحى يبدأ انتقال الأيونات من هذا المحلـول حيث تركيزها المرتفع إلى الفراغ الحر حيث تركيزها المنخفض عن طريق الانتشـار وتسـتمر هذه العملية حتى يتسـاوى تركيز الأيونات داخل وخارج الفراغ الحر فيتوقف الانتشـار. ويتم الانتقال حسـب تدرج التركيز وبـدون أن تبذل الخلية طاقة أو جهدًا فـى العملية (امتصاص بسـيط) وعليه يزداد معدل الانتشـار كلما زاد تدرج التركيز. ونظرا لوجود شـحنات

سالبة على الجدار الخلوى للجذر فمن الممكن أن تدمص الكاتيونات عليه عن طريق قوى الجذب الالكتروستاتيكى (سالب مع موجب) مما يساعد على انتقال الكاتيونات من المحلول إلى داخل الفراغ الحر.

ويحتل الفراغ الحر مساحة محسوسة من نسيج الجذر حيث يشمل الجدر الخلوية لخلايا طبقة البشرة والجدر الخلوية لخلايا طبقة القشرة والمسافات البينية بين خلايا القشرة.

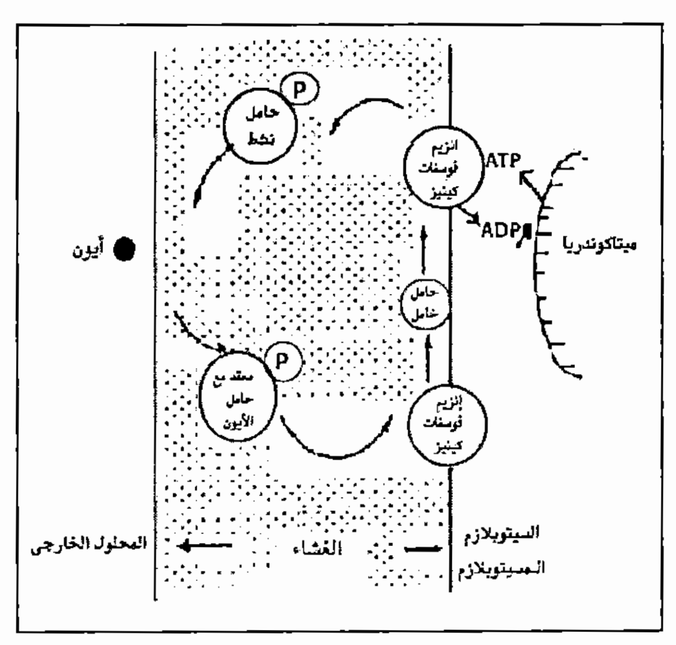
ويمكن تلخيص خصائص الامتصاص البسيط فيما يلى:

- لا يعتمد على النشاط الحيوى للخلية أى لا يحتاج إلى طاقة أو جهد.
- الامتصاص يتم بطريق عكسى.
- ليس اختياريا.

ومما يؤكد أن الامتصاص البسيط لا يحتاج إلى طاقة أن عمليات الانتشار والامتصاص يمكن أن تتم فى أنسجة النبات الحية أو الأنسجة الميتة سواء بسواء.

الثانية الامتصاص النشط Active uptake: هناك بعض الشواهد التى تؤكد أن عملية تجميع الأيونات تحتاج إلى طاقة وهى:

- يزداد معدل امتصاص الأيونات بازدياد درجة الحرارة فى حدود معينة ويرجع ذلك إلى أن درجة الحرارة تنشط التفاعلات الحيوية فى الخلية..
- يزداد معدل الامتصاص مع زيادة الأكسجين فى الوسط الذى تنمو فيه الجذور مما يؤكد أن الامتصاص يرتبط مع عملية التنفس.
- وجود مواد مثبطة فى وسط النمو - مثل السيانيد أو 2,4 Dinitrophenol أو الزرنيخ - يوقف عملية امتصاص الأيونات والمعروف عن هذه المواد أنها تثبط بعض العمليات الحيوية فى الخلية وخاصة عملية التنفس.
- يزداد معدل امتصاص العناصر بزيادة محتوى الجذر من المواد الكربوهيدراتية حيث تعمل هذه المواد كمصدر للطاقة لامتصاص الأيونات خلال عملية التنفس. والدور الأساسى لعملية التنفس هو تكوين مركب ATP (أدينوزين ثلاثى الفوسفات) من مركب ADP (أدينوزين ثنائى الفوسفات) والفوسفات غير العضوية.



شكل (٢) ميكانيكية الامتصاص النشط بواسطة جذور النبات

ميكانيكية الامتصاص النشط بواسطة النباتات الراقية

ويتضح من شكل (٢) أن ميكانيكية الامتصاص النشط يمكن أن تتم بالخطوات التالية:

- تقوم الميتاكوندريا فى السيتوبلازم بتكوين مركب ATP خلال التنفس.
- تفاعل إنزيم فوسفات كيتينيز الموجود على السطح الداخلى للغشاء مع ATP حيث يتحول إلى ADP + فوسفات غير عضوية.
- تتحد الفوسفات غير العضوية مع الحامل الخامل متحولة إلى حامل نشط (مفسفر).
- يتحرك الحامل النشط خلال الغشاء إلى سطحه الخارجى حيث يقابل الأيون فيرتبط معه مكونا معقدا من الحامل النشط والأيون.
- يتحرك المعقد خلال الغشاء فى اتجاه سطحه الداخلى حيث يقابل إنزيم الفوسفاتيز.

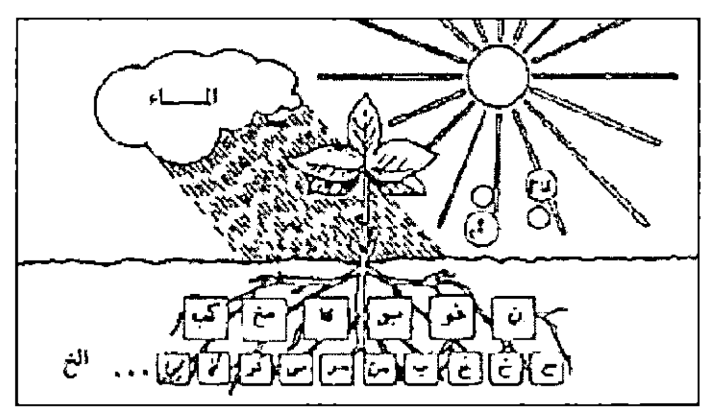
- يقوم إنزيم الفوسفاتيز بفعل أيون الفوسفات غير العضوى من معقد الحامل النشط مـع الأيون وبالتالى يتحول الحامل إلى حامل خامل (غير مفسـفر) ويفقد قابليته للارتباط بالأيون الذى ينفصل ويتراكم فى الخلية.
- يقوم الحامل الخامل بالاتحاد مع مجموعة فوسفات عن طريق إنزيم فوسفوكينيز ليتحول إلى حامل نشط وبالتالى تتم دورة أخرى كالسابقة وهكذا.

* * *

الباب الثانى

أسباب ظهور مشكلة نقص العناصر الغذائية على النباتات الراقية

يوضح الشكل (٣) كيفية تكوين النبات لغذائه باستخدام العناصر من الهواء (الكربون والأكسجين) والماء (الهيدروجين) والتربة.



شكل (٣) إنتاج الغذاء النباتى عن طريق استخدام العناصر المختلفة
من الهواء والماء والتربة تحت الظروف الطبيعية

وقد مارس الانسان الزراعة منذ القدم وكان يعتمد على زراعة الأرض الخصبة لسنة أو لسنتين وبالتالى كانت النباتات تنمو نموا جيدا دون أن تعانى من نقص العناصر المغذية، وكان يهجر قطعة الأرض التى زرعها فى العام الماضى إلى قطعة جديدة أخرى وبالتالى كان هذا الأسلوب بعيداً كل البعد عن الزراعة الكثيفة التى نعرفها الآن. وأيضا لم يمارس التسميد المعروف الآن حتى إذا كانت النباتات تعانى من نقص العناصر لأنه لم يكن يملك الوسائل التى تمكنه من ذلك. ولكن فى الآونة

الحديثة ومع زيادة عدد السكان والحاجة الملحة إلى توفير الغذاء لهم اكتسبت الزراعة الحديثة سمات هامة من أبرزها:

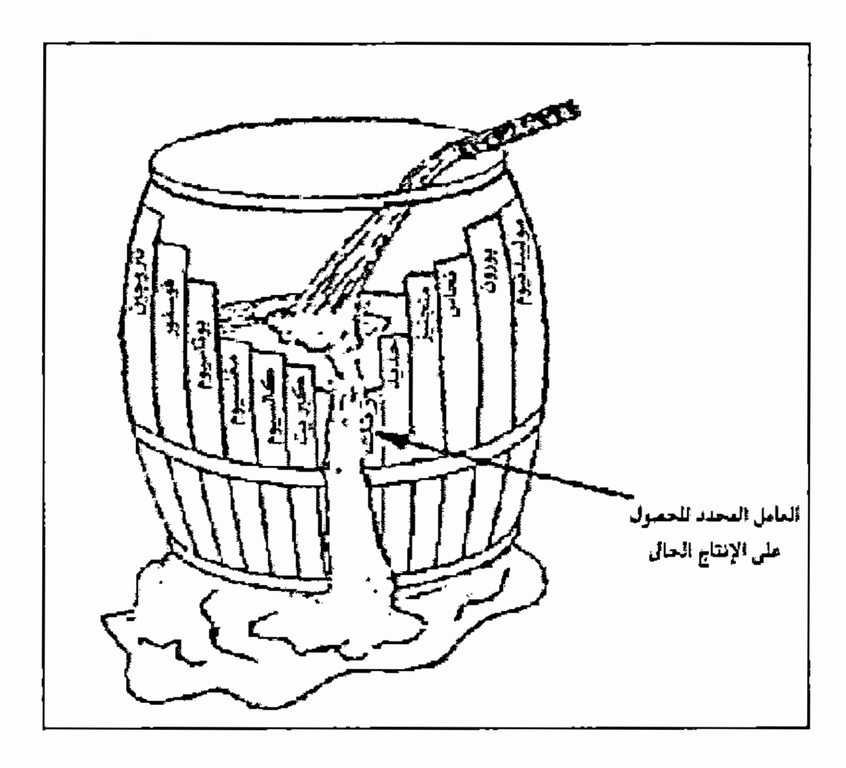
- المحاولات الدائمة للحصول على المحصول الأعظم أو أعلى محصول للمساحة المنزرعة
- استمرار الانسان فى السعى لاستنباط أصناف جديدة عالية الإنتاج وتحتاج إلى كميات كبيرة من العناصر الغذائية وبالتالى تستنزف العناصر المتاحة فى التربة المنزرعة بها.
- اضطرار الانسان إلى اتباع الزراعة الكثيفة عن طريق زراعة نفس قطعة الأرض بصفة دائمة وأكثر من مرة فى السنة وأحيانا بمحصولين أو أكثر فى نفس الوقت بتحميل زراعة المحاصيل على بعضها، هذا بالإضافة إلى زيادة أعداد النباتات النامية فى نفس المساحة.

ونتيجة لما سبق واتباع الإنسان أسلوب التكثيف الزراعى على مر السنين أدى ذلك إلى استنزاف كميات كبيرة من العناصر الغذائية فى الأراضى المنزرعة.

وبالتالى بدأت تظهر على النباتات أمراض سوء التغذية ويقال على النبات: إنه يعانى من الجوع. والنبات كأى كائن حى يحتاج إلى سد احتياجاته من المواد الغذائية وبالتالى فإن النبات فى حالات النقص هذه يحتاج إلى علاج ينحصر فى إمداد النبات بما يحتاجه من عناصر غذائية يجب أن تضاف بالكميات الكافية وبالصورة المناسبة.

ويراعى أن تكون مكونات الغذاء فى بيئة نمو النبات فى حالة متوازنة مع بعضها بمعنى أنه إذا حدث نقص فى عنصر واحد بالرغم من توفر باقى العناصر المغذية بكميات ميسرة كافية فإن ذلك يؤدى إلى نقص المحصول، وبالتالى يكون العنصر الناقص هو العنصر المحدد للإنتاج. كما يلاحظ أن المحصول لا يزيد بزيادة التسميد بالعناصر الكبرى أو الصغرى مادام هناك عنصر محدد للإنتاج. والشكل (٤) يوضح تحكم العنصر الناقص فى كمية الإنتاج حيث يصبح هذا العنصر العامل المحدد للحصول على أعلى إنتاج.

ونظرا لما سبق فإن الزراعة الكثيفة أدت إلى استنزاف العناصر من التربة وبالتالى ازداد الطلب فى الآونة الأخيرة على تعويض هذا النقص من العناصر عن طريق



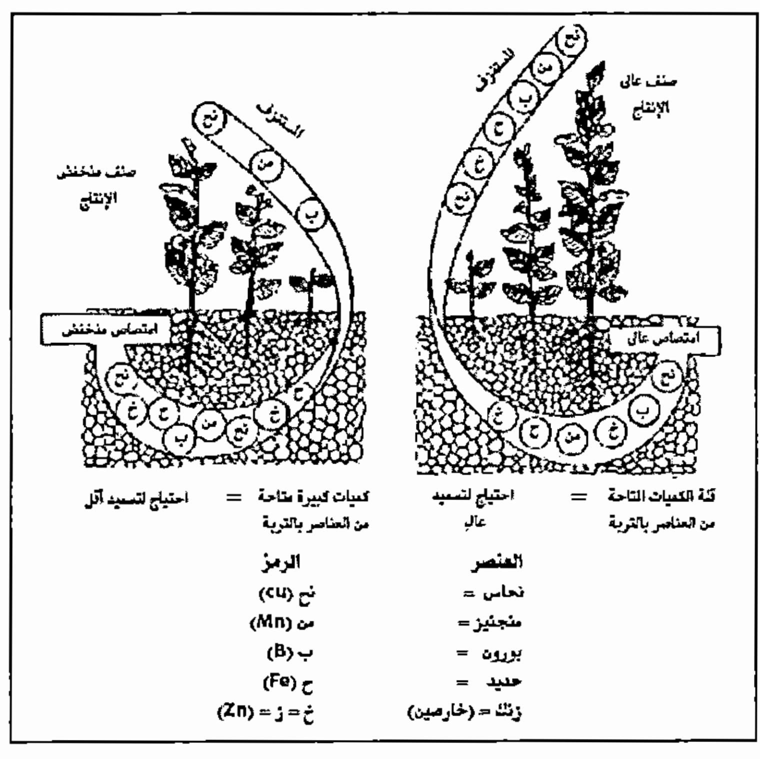
شكل (٤) تحكم العنصر الناقص فى كمية الإنتاج.

إضافة العناصر الســمادية مثل النيتروجين والفوســفور والبوتاســيوم إلى التربة هذا بالإضافــة إلى ظهور الحاجة الملحة إلى التســميد بمجموعة العناصر المغذية الصغرى وكذلك العناصر الثانوية (الكالسيوم والمغنسيوم والكبريت) .

وكما ذكرنا من قبل فإن العناصر الضرورية للنبات قد تم اكتشافها منذ زمن بعيد، إلا إنــه لم تظهــر الحاجة الملحة لإضافتهــا إلى الأرض أو للنبات على صورة أسمدة إلا حديثا. وهناك بعض الأســباب لتزايد الحاجة لاستخدام أسمدة العناصر المغذية يمكن تلخيصها فيما يلى:

- اســتنباط الأصناف الجديدة عالية الإنتــاج وقصيرة العمر حيث أدت زراعتها إلى ازدياد الكمية المســتنزفة من العناصر الغذائية والأمر الذى يعجل بظهور أعراض

نقــص العناصــر على النباتات خصوصـا العناصر المغذية الصغــرى مثل الحديد والمنجنيــز والزنــك، ويوضح الشــكل (٥) أن الأصناف عالية الإنتاج تســتنزف كميات كبيرة من المخزون الطبيعى للعناصر المغذية من التربة.



شكل (٥): تأثير زراعة الأصناف عالية الإنتاج على المخزون الطبيعى للتربة من العناصر المغذية المختلفة.

- زيادة اســتخدام أسمدة العناصر الكبرى أدى إلى زيادة النمو وظهور الاحتياج إلى إضافة أسمدة المغذيات الصغرى والتى لم يكن شائعا إضافتها من قبل.
- عدم الاهتمام بإضافة الأسمدة العضوية والســماد الأخضر والتى تعتبر أحد المصادر الهامة للعناصر الغذائية للنبات.

- أصبحت الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية التى يتم إنتاجها على درجة عالية من النقاوة فلم تعد تحتوى على ما كان بها سابقا من عناصر المغذيات الصغرى.
- تطور طرق اختبارات التربة وتحليل النبات فأصبحت من الدقة بحيث يمكن اكتشاف نقص العناصر الغذائية.

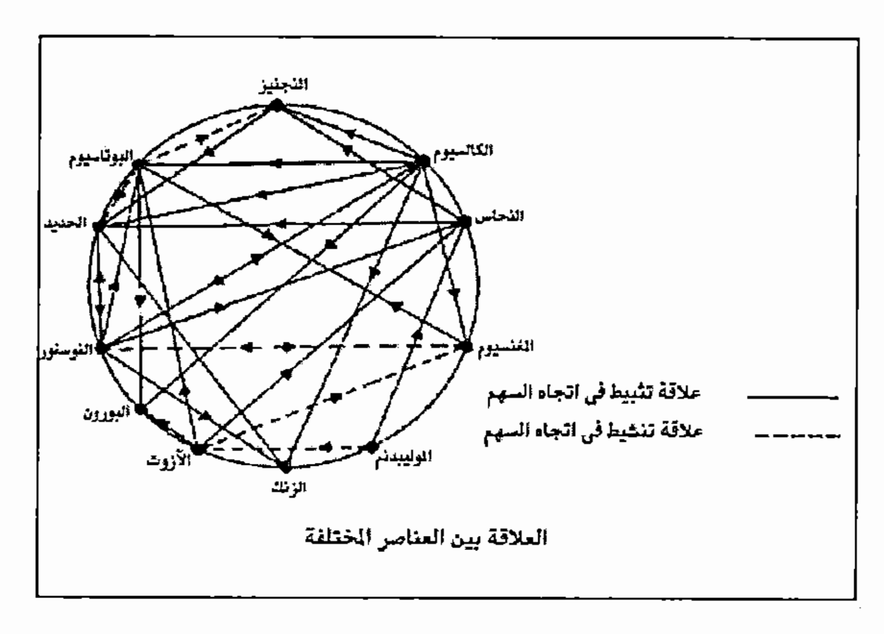
إلا أن هناك بعض العوامل الأخرى التى ترتبط بظروف الأراضى المصرية والتى من أهمها:

- ارتفاع رقم حموضة التربة (رقم الـ pH) مما يؤدى إلى عدم تيسر العناصر الغذائية بها.
- ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم بالأراضى المصرية مما أدى إلى تثبيت الكثير من العناصر مثل الفوسفور والعناصر الغذائية الصغرى وخصوصا فى الأراضى الجيرية.
- تقع أراضى الاستصلاح الجديدة ضمن الأراضى الصحراوية الفقيرة فى محتواها من العناصر الغذائية والتى تندرج تحت الأراضى قليلة الخصوبة.
- حجز طمى النيل خلف السد العالى أدى إلى حرمان أراضى الوادى والدلتا من مصدر هام غنى بالعناصر الغذائية.

التوازن الغذائى والعلاقة بين العناصر

ومن التجارب العديدة التى أجراها العاملون فى مجال تغذية النبات والدراسات الحديثة أصبح مفهوم التغذية السليمة لا يعتمد فقط على توفير كل عنصر على حدة وإنما على إضافة العناصر الغذائية بنسب متوازنة حسب احتياج المحصول المنزرع، وهذا المفهوم أدى إلى تغيير الأسلوب المتبع فى تحديد الاحتياجات السمادية لأى محصول ويجب إدخال كل العناصر الكبرى والصغرى فى الاعتبار ودراستها معا فى كل حالة مع وضع العوامل المؤثرة على استفادة النبات منها أيضا فى الاعتبار.

والشكل (٦) يوضح العلاقة بين العناصر الغذائية المختلفة حيث يوضح الخط المتقطع علاقة تنشيط فى اتجاه السهم، بينما يوضح الخط المتصل علاقة تثبيط فى اتجاه السهم.



شكل(٦): العلاقة بين العناصر المغذية المختلفة.

الباب الثالث

حالات نقص العناصر الغذائية
فى النباتات الراقية

يلاحظ وجود بعض الحالات التى تظهر عليها نقص العناصر الغذائية تتلخص فيما يلى :

- ظهور أعراض نقص ظاهرية على النبات وهو ما يعرف بالنقص الواضح.
- نقص مستتر بدون ظهور أعراض نقص على النبات.
- نقص مفرد نتيجة نقص عنصر واحد.
- نقص مركب نتيجة نقص أكثر من عنصر.
- نقص حقيقى نتيجة فقر التربة فى هذا العنصر وقلة كميته بها.
- نقص غير حقيقى ويحدث فى الحالات التالية :

(أ) نتيجة وجود العنصر فى التربة فى صورة غير ميسرة لامتصاص النبات بالرغم من توفر الكمية الكلية بالقدر الكافى.

(ب) عدم فاعلية العنصر فى النبات نتيجة تثبيته.

(جـ) نتيجة تأثير عنصر على آخر وهو ما يعرف بالتداخل بين العناصر.

(د) نتيجة وجود عوامل بيئية.

ومما سبق تتأكد أهمية معرفة الحالة المسببة لنقص العناصر وذلك لاقتراح طريقة العلاج المناسبة والتى باتباعها يمكن التخلص من الحالة ، وهناك بعض النقاط التى يجب أن يلم بها القارئ وهى :

- فى حالة النقص الظاهرى : تبدأ أعراض نقص العنصر فى الظهور على النبات عندما يصل نقص العنصر إلى درجة تؤثر على نمو النبات وبالتالى كمية المحصول الناتجة منه.

- أما فى حالة النقص المستتر: حيث لا تظهر على النبات أعراض نقص ظاهرية وبالتالى لا يمكن اكتشافها إلا عن طريق التحليل الكيميائى لأنسجة النبات.
- موضع ظهور الأعراض الأولى لنقص العنصر على النبات يختلف باختلاف قابلية العنصر للحركة أو الانتقال داخل النبات إلى الأجزاء التى تحتاج العنصر وهى غالبا الأوراق الصغيرة.

وتقسم العناصر تبعا لقابليتها للحركة والانتقال داخل أجزاء النبات إلى

عناصر سهلة الانتقال داخل النبات (يبدأ ظهور أعراض نقصها على الأوراق المسنة) مثل النيتروجين والبوتاسيوم لذا تظهر أعراض نقصها على الأوراق كبيرة العمر أو الأجزاء السفلية فى النبات نظرا لإمكانية انتقالها داخل النبات إلى الأجزاء العليا الحديثة

عناصر صعبة الانتقال داخل النبات (وتظهر أعراض نقصها على الأوراق الحديثة أو الأجزاء العلوية للنبات) مثل: الحديد والمنجنيز والزنك والنحاس ويصعب انتقال تلك العناصر من الأوراق المسنة أو الأجزاء السفلية إلى الأوراق الحديثة.

- ويجب الأخذ فى الاعتبار تأثير طبيعة نمو النبات وكذلك حجمه فى الشكل الظاهرى لأعراض النقص وكذلك أولوية ظهوره، فتختلف الأشجار الكبيرة عن النباتات العشبية، كما تختلف النباتات ذات الفلقة الواحدة عن النباتات ذات الفلقتين.

ويلاحظ أن نمو النباتات يتأثر بدرجات مختلفة باختلاف نوع العنصر الناقص.

وسوف يتم استعراض الأعراض الظاهرية لنقص العناصر الغذائية والتى تم توضيحها بالصور الملونة على بعض نباتات المحاصيل الحقلية والخضر والفاكهة. ولكن يجب أن يعلم القارئ أن أعراض نقص عنصر ما لا تعنى احتياج النبات لهذا العنصر فقط. بل قد يكون هناك نقص مستتر لعنصر آخر أو يكون ظهور أعراض نقص هذا العنصر راجعا إلى عدم الاتزان بين العناصر نتيجة زيادة كبيرة فى عنصر آخر.

ويوضح الجدول (٦) درجات ظهور أعراض نقص العناصر فى مناطق مختلفة من مصر.

جدول (٦): ظهور أعراض نقص العناصر الصغرى على الموالح فى المناطق المختلفة

المنطقة	الوادى	الدلتا	الصحراء الغربية	الصحراء الشرقية
الموقع	أسيوط	القليوبية	شمال التحرير	الاسماعيلية
الحديد	+	+	+	+
المنجنيز	+++	++	++	++
الزنك	++	++	+++	+++
النحاس	–	–	–	+

– لا توجد أعراض نقص

+، ++، +++ زيادة درجات النقص

ويوضح الجدول (٧) حساسية بعض محاصيل الخضر والفاكهة لعناصر المغذيات الصغرى

المحصول	العناصر الصغرى التى يحتاجها بمعدل أكثر
الفراولة	حديد – زنك
الفاصوليا	منجنيز
البطاطس	منجنيز
البسلة	حديد
الموالح	زنك – منجنيز – حديد
العنب	زنك – منجنيز – حديد
الكمثرى	حديد
الجوافة	حديد
الخوخ	زنك – حديد
المانجو	زنك – منجنيز – حديد

جدول (٨) : حساسية بعض المحاصيل الاقتصادية لنقص العناصر الصغرى عندما تنمو تحت نفس الظروف - من مصادر مختلفة ومعدلة طبقا لنتائج مشروع «العناصر المغذية الصغرى ومشاكل «تغذية النبات فى مصر» .

المحصول	الزنك	المنجنيز	الحديد	النحاس
الموالح	٣	٣	٣	٣
متساقطات الأوراق	٣	-	٣	-
العنب	٣	٣	٣	-
القطن	٢	-	٢	٢
القمح	٢	٣	٢	٣
الذرة	٣	-	٢	٢
الفول البلدى	٣	٣	٣	-
فول الصويا	٣	٣	٣	١
الفول السودانى	٢	-	٣	-
البطاطس	٢	٢	-	١
الطماطم	٢	٢	-	-
الفاصوليا	٣	٣	٣	١
البصل	٣	-	-	-
البنجر	٢	٣	١	٢

(١) حساسية قليلة   (٢) حساسية متوسطة

(٣) حساسية شديدة   (-) غير محدد بعد

الباب الرابع

العناصر الضرورية للنباتات الراقية

Essential Elementes For Higher Plants

هناك ستة عشر عنصرا ضرورية لنمو النبات حيث تقسم هذه العناصر حسب الكمية التى تحتاجها النبات إلى مجموعتين وهى:

- مجموعة العناصر الغذائية الكبرى Macronutrients : وهى العناصر التى تحتاجها النباتات بكميات كبيرة.
- مجموعة العناصر الغذائية الصغرى Micronutrients : وهى العناصر التى تحتاجها النبات بكميات صغيرة.

● ويوضح الجدول التالى تلك العناصر:

* هذه العناصر من عناصر المغذيات الكبرى ولكن ما يطلق عليها العناصر الثانوية حيث يحتاجها النبات بكميات أقل وقليلاً ما يشكو من نقصها تحت ظروفنا فى مصر.

العناصر الغذائية الكبرى	العناصر الغذائية الصغرى
الكربون (C)	البورون (B)
الهيدروجين (H)	الكلورين (Cl)
الأكسجين (O)	النحاس (Cu)
الكالسيوم (Ca) *	الحديد (Fe)
المغنسيوم (Mg) *	المنجنيز (Mn)
النيتروجين (N)	الموليبدنيوم (Mo)

الفوسفور (P)	الزنك (Zn)
البوتاسيوم (K)	
الكبريت (S) °	

العناصر الثلاثة الغذائية الأولى الكربون (C) والهيدروجين (H) والأكسجين (O) تتحد فى عملية يطلق عليها التمثيل الضوئى (photosynthesis) وتحدث هذه العملية فى النباتات الخضراء عندما يتعرض الكلوروفيل للضوء حيث ينقسم جزىء الماء، ويتحد بروتون الهيدروجين (H) مع جزىء ثانى أكسيد الكربون (CO_2) ويكون صورة كربوهيدرات وينطلق جزىء الأكسجين (O_2) كما يتضح من المعادلة الآتية:

$$\text{غاز ك أ}_٢ + ٢\text{يد أ} \xrightarrow[\text{نبات أخضر حى}]{\text{ضوء الشمس}} \text{ك يد أ (كربوهيدرات)} + \text{أ}_٢ \text{ (غاز)}$$

وتحصل النباتات على الماء عن طريق الامتصاص بواسطة الجذور بينما تمتص ثانى أكسيد الكربون بواسطة الانتشار Diffusion خلال الثغور Stomata على الورقة، ومن الجدير بالذكر أن عملية التمثيل الضوئى تتأثر بدرجة كبيرة بكمية الماء الميسر للنبات والحالة الغذائية للنبات.

العناصر الثلاثة عشر الأخرى الضرورية للنبات تدخل إلى داخل النبات من خلال امتصاص الجذور على صورة أيونات ذائبة فى المحلول الأرضى Soil Solution ومن الجدير بالذكر أن نيتروجين الهواء الجوى الموجود على صورة جزىء غازى يمكن أن يثبت بواسطة بعض أنواع البكتريا التى تعيش معيشة تكافلية Living Symbiotically فى جذور النباتات البقولية Leguminous حيث تمد النبات بكل ما يحتاج إليه من عنصر النيتروجين أو جزء منها. وغالبا ما تعتمد على إضافة الأسمدة الكيماوية النيتروجينية لسد احتياجات المحاصيل من النيتروجين.

ويوضح الجدول رقم (٩) الصور التى يمتص بها النبات العناصر الغذائية الضرورية له ووظيفة كل منها داخل النبات.

يوضح الجدول العناصر الضرورية للنبات والصور التى تمتص عليها ووظيفة كل منها داخل النبات (المصدر Mengel & Kirkby, 1987) .

العناصر الضرورية	الصورة التى تمتص عليها	الوظائف داخل النبات
كربون (C) وهيدروجين (H) وأكسجين (O) ونيتروجين (N) وكبريت (S)	(أ) أيونات فى المحلول: بيكربونات HCO^-_3 نترات NO_3، أمونيوم NH_4^+، كبريتات SO_4 (ب) أو على صورة غازات من الهواء الجوى: الأكسجين O_2، نيتروجين N_2، ثانى أكسيد الكبريت SO_2.	عناصر أساسية لتكوين المادة العضوية وتدخل فى العمليات الأنزيمية والتمثيل الضوئى.
الفوسفور (P) والبورون (B)	أيونات فى المحلول PO_4^{-3} ,BO^{-3}	تفاعلات نقل الطاقة وحركة المركبات الكربوهيدراتية داخل النبات.
بوتاسيوم (K) ومغنسيوم (Mg) وكالسيوم (Ca) وكلورين (Cl)	أيونات فى المحلول K^+ .Cl^- ^{3}, Ca^{+2}, Mg^{+2}	وظائف غير تخصصية أو مكونات متخصصة فى المركبات العضوية أو تحافظ على الإتزان الأيونى.
النحاس (Cu) والحديد (Fe) المنجنيز (Mn) والموليبدنيوم (Mo) والزنك (Zn)	أيونات أو مخلبيات فى المحلول Cu^{+2}, Fe^{+2}, Mn^{+2}, MoO_4^-, Zn^{+2}	القدرة على نقل الإلكترونات وعوامل مساعدة للأنزيمات.

والاختلاف الوحيد فى تقسيم العناصر إلى عناصر غذائية كبرى Macronutrients وعناصر غذائية صغرى Micronutrients يرجع إلى التركيز المطلوب لسد احتياجات النبات حيث إن التركيز الذى تحتاجه النباتات من العناصر الغذائية الكبرى يتراوح من ١٠ إلى ٥٠٠٠ مرة قدر العناصر الغذائية الصغرى. ويوضح جدول (١٠) التركيزات المتوسطة للعناصر المعدنية فى المادة الجافة للنبات والتى تكون كافية للنمو المناسب له.

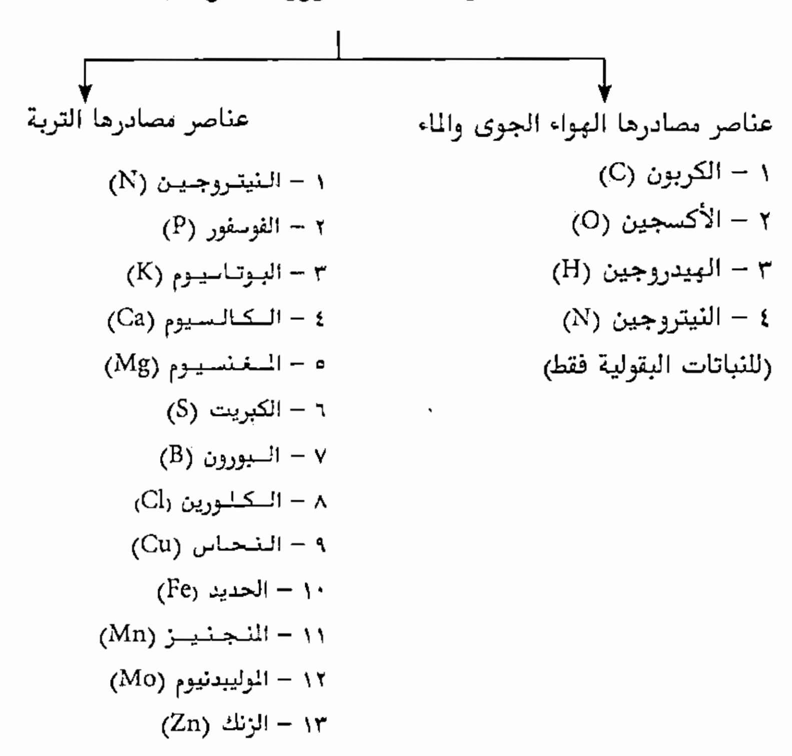
جدول (١٠) التركيزات المتوسطة للعناصر الغذائية فى المادة الجافة للنبات والكافية للنمو المناسب له (المصدر Epstein, 1965) .

العنصر	الرمز	ميكرومول/ جم مادة جافة	مجم/ كجم (جزء فى المليون) PPm	٪	العدد النسبى للذرات
موليبدنيوم	Mo	٠,٠٠١	٠,١	–	١
نحاس	Cu	٠,١٠	٦	–	١٠٠
زنك	Zn	٠,٣٠	٢٠	–	٣٠٠
منجنيز	Mn	١,٠	٥٠	–	١٠٠٠
حديد	Fe	٢,٠	١٠٠	–	٢٠٠٠
بورون	B	٢,٠	٢٠	–	٢٠٠٠
كلورين	Cl	٣,٠	١٠٠	–	٣٠٠٠
كبريت	S	٣٠	–	٠,١	٣٠٠٠٠
فوسفور	P	٦٠	–	٠,٢	٦٠٠٠٠
مغنسيوم	Mg	٨٠	–	٠,٢	٨٠٠٠٠
كالسيوم	Ca	١٢٥	–	٠,٥	١٢٥٠٠٠
بوتاسيوم	K	٢٥٠	–	١,٠	٢٥٠٠٠٠
نيتروجين	N	١٠٠٠	–	١,٥	١٠٠٠٠٠٠

تقسيم العناصر الغذائية الضرورية للنباتات الراقية حسب مصادرها

تختلف مصادر تلك العناصر الغذائية الضرورية لتغذية النبات وهى الهواء الجوى والماء والتربة ويمكن تقسيم العناصر حسب مصادرها كما يلى:

العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات



• نبذه تاريخية عن اكتشاف ضرورية العناصر للنباتات الراقية:

فى عام ١٨٦٠ أعلن ثلاثة من الباحثين هم Knop & Von Sachs & De Saussure من خلال دراستهم ضرورية عناصر الكالسيوم والحديد والمغنسيوم والنيتروجين والفوسفور والكبريت لنمو النبات.

وفى عام ١٩٢٢ اكتشفت أهمية عنصر المنجنيز بينما تمت إضافة عنصرى البورون والزنك إلى قائمة العناصر الضرورية فى عام ١٩٢٦ أما عنصر النحاس فقد أضيف إلى القائمة فى عام ١٩٣١. وفى عام ١٩٣٩ اكتشفت أهمية عنصر المولیبدنیوم وأخيرا فى عام ١٩٥٤ تم اكتشاف ضرورية عنصر الكلورين. ويرجع السبب فى اكتشاف أهمية وضرورة العناصر الصغرى الســابقة إلى التقدم فى وســائل البحث العلمى والدقة فى طرق وأجهزة التحليل الكيميائى، بالإضافة إلى ذلك فإن تطور وسائل تنقية الأملاح الكيميائيــة التى تدخــل فى صناعة المحاليل المغذية من العنصــر أو العناصر المراد دراســتها ساعدت على زراعة وإنماء النباتات فى مزارع صناعية مغذية خالية تماما من العنصر المراد دراســته وبالتالى يُعرف هل هو عنصر أساســى فى حياة النبات أو لا. ويعطى جدول (١١) ملخصا عن الحقائق التاريخية التى توضح اكتشاف العناصر الضرورية للنبات.

جدول (١١) أسماء مكتشفى العناصر وأسماء مكتشفى ضروريتها للنبات
(المصدر Glass, 1989)

العنصر	اسم مكتشف العنصر	السنة	اسم مكتشف ضرورية العنصر للنبات	السنة
الكربون	**	**	DeSaussure	١٨٠٤
الهيدروجين	Cavendish	١٧٦٦	DeSaussure	١٨٠٤
الأكسجين	Priestley	١٧٧٤	DeSaussure	١٨٠٤
النيتروجين	Rutherford	١٧٧٢	DeSaussure	١٨٠٤
الفوسفور	Brand	١٧٧٢	Ville	١٨٦٠
الكبريت	**	**	Von Sachs, Knop	١٨٦٥

البوتاسيوم	Davy	١٨٠٧	Von Sachs, Knop	١٨٦٠
الكالسيوم	Davy	١٨٠٧	Von Sachs, Knop	١٨٦٠
المغنسيوم	Davy	١٨٠٨	Von Sachs, Knop	١٨٦٠
الحديد	**	**	Von Sachs, Knop	١٨٦٠
المنجنيز	Scheele	١٧٧٤	Mc Hargue	١٩٢٢
النحاس	**	**	Sommer, Lipman& Mackinnan	١٩٣١
الزنك	**	**	Sommer, Lipman	١٩٢٦
الموليبدنيوم	Hzelm	١٧٨٢	Arnon& Stout	١٩٣٩
البورون	Gay Lussac& Thenard	١٨٠٨	Sommer, Lipman	١٩٢٦
الكلورين	Scheel	١٧٧٤	.Broyer et al	١٩٥٤

** عنصر معروف من قديم الزمن.

• الشروط الواجب توفرها فى العنصر الضرورى للنباتات الراقية:

حـــدد أرنون وســـتوت Arnon and Stout الشـــروط الواجب توفرهـــا فى العنصر الغذائى حتى يصبح ضروريا لحياة النبات كما يلى:

- تحتاجـــه جميع النباتات الراقية ويؤدى غيـــاب العنصر إلى نمو النبات نموا غير طبيعى أو موت النبات ولا يستطيع النبات أن يكمل دورة حياته بدونه.
- أن تكـــون لـــه وظيفـــة متخصصـــة داخـــل النبـــات ولا يمكـــن أن يحـــل محله عنصر آخر.

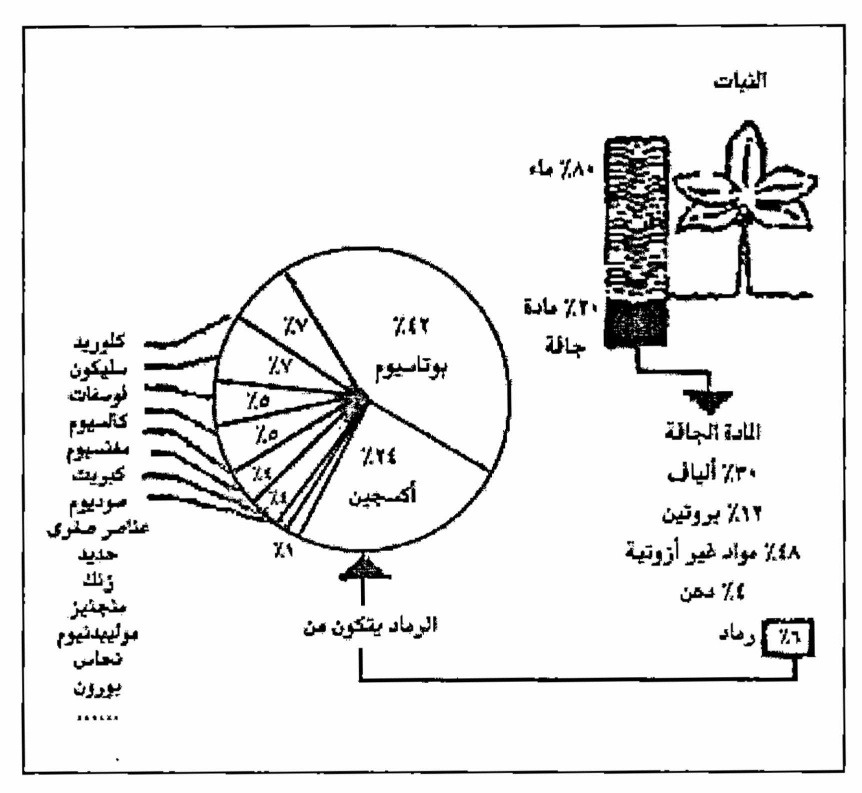
- يجب أن يكون له دور مباشر على النمو أو العمليات الحيوية داخل النبات وليس دورا ثانويا.
- تظهر على النباتات أعراض مرضية فى غيابه تزول عند إضافته فى وقت مناسب إلى بيئة النمو.

وبالرغم من الجهود الكبيرة التى بذلت من قبل العلماء من مختلف أنحاء العالم حتى يمكن الإضافة إلى قائمة الستة عشر عنصرًا الغذائية الضرورية للنبات إلا إنه منذ عام ١٩٥٤ لم يضف إليها أى عنصر. وبالرغم من أن عناصر النيكل (Ni) والسيليكون (Si) والفاناديوم (V) على الترتيب قد جذبت الانتباه مؤخرا للعديد من الباحثين حيث أعلن بعضهم مثل (Takahashi & Miyak ,1977) أن السليكون (Si) عنصر ضرورى وكذلك أعلن (Brown et. al., 1987) أن النيكل (Ni) عنصر ضرورى للنبات.

وقد وجد الباحثون أن هناك عدداً من العناصر الأخرى تستطيع أن تؤثر على نمو النبات وحيويته بالرغم من عدم انطباق شروط العناصر الضرورية السابق ذكرها عليها إلا إنه قد وجد لها وظائف داخل النبات مشابهة للعناصر الضرورية وقد تم تصنيفها على أنها عناصر مفيدة للنبات وذكر (Marschner, 1986) تلك العناصر على النحو التالى:

- عنصر الصوديوم (Na)
- السيليكون (Si)
- الكوبلت (Co)
- النيكل (Ni)
- السيلينيوم (Se)
- الألمونيوم (Al)

وفى عام ١٩٨٤ أعلن Basiouny أن عنصر الفاناديوم (V) مفيد أيضا للنبات.
ويوضح الشكل (٧) محتوى النباتات الراقية من العناصر المختلفة.

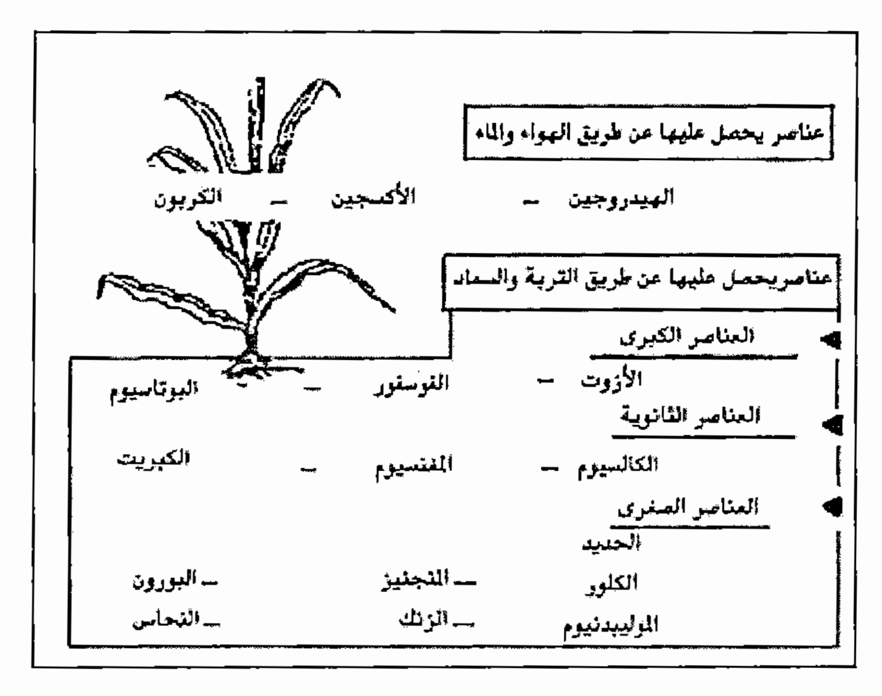


شكل (٧) مكونات النبات ومحتواه من العناصر المختلفة.

كما يوضح الشكل (٨): العناصر الضرورية لنمو النباتات الراقية ومصادر حصولها عليها.

ويمكن للنبات إنتاج غذائه عن طريق استخدام العناصر من الهواء والماء والتربة تحت الظروف الطبيعية وبالتالى ينتج المواد الكربوهيدراتية والبروتينات والدهون والزيوت وغيرها.

وسوف نناقش العناصر الغذائية الضرورية للنبات بالتفصيل فيما عدا عناصر الكربون (C) والهيدروجين (H) والأكسجين (O) .



شكل(٨) العناصر الضرورية لنمو النبات ومصادر حصوله عليها

عنصر النيتروجين (Nitrogen - N)

- مدى احتياج النبات له ووظائفه Reqirement& Functions:

إن عنصر النيتروجين من العناصر الغذائية الكبرى Macronotrients ويوجد فى النبات على الصورتين المعدنية Inorganic والعضوية Organic ويتحد النيتروجين مع عناصر الكربون (C) والهيدروجين (H) والأكسجين (O) والكبريت (S) ليكون ما يلى:

- الأحماض الأمينية Amino acids
- الجزء الأمينى فى الإنزيم Amino enzymes
- الأحماض النووية Nucleic acids
- جزئ الكلوروفيل Chlorophyll

– القلويدات Alkaloids

- القواعد البورينية Purine bases

والنيتروجـــين المعدنى الذى يمتصه النبـــات على صورة نترات (NO^-_3) يمكن أن يتحول داخل النبات إلى بروتينات ذات أوزان جزئية عالية.

• محتوى النباتات الراقية من النيتروجين plant content:

يمثل عنصر النيتروجين نســبة من المادة الجافة تتراوح ما بين ١,٥٪ إلى ٦٪ فى العديد من المحاصيل وتعتبر النســبة المئوية لتركيز النيتروجين فى أنســجة الورقة والتى تتراوح ما بين ٢,٥٪ إلى ٣,٥٪ هى قيمة الكفاية منه.

ويلاحظ أن المدى المنخفض من النيتروجين يتراوح ما بين ١,٨٪ إلى ٢,٢٪.

أمــا المــدى العالى منه فيوجــد فى المحاصيــل البقولية ويتراوح مــا بين ٤,٨٪ إلى ٥,٥٪.

• والقيم الحرجة Critical values تختلف تبعا لما يلى:

– نــوع المحــلول.

– مرحلة النمو

– الجــزء النبــاتى.

وعادة ما تحتوى الأوراق الحديثة على أعلى التركيزات من النيتروجين بينما يقل المحتــوى الكلى مع التقــدم فى عمر النبات ويختلف أيضا التركيز باختلاف الجزء النباتى المأخوذ للتحليل. وقد لوحظ أن النيتروجين النتراتى يتجمع بتركيزات أكبر من ١٠٠٠ جزء فى المليون من خلال موســم النمو فى الأنسجة الموصلة مثل السيقان وأعنــاق الأوراق. كما وجــد أن النباتات التى سمدت بالأمونيــوم كانت عادة أعلى فـــى محتواها من النيتروجين المقــدر بطريقة كلداهل Kjeldahl عــن تلك النباتات التى تم إمدادها بالنيتروجين على صورة النترات الميســر لامتصاص النبات وتحتوى المحاصيل العالية الإنتاجية من ٥٠ إلى ٥٠٠ رطل نيتروجين/ إيكر (من ٥٦ إلى ٥٦٠ كجم نيتروجين/ هكتار) .

● علاقة عنصر النيتروجين ببعض العناصر الأخرى:

(التفاعلات) Interactions:

لوحظ حدوث التفاعلات بين عنصر النيتروجين والعناصر الأخرى يمكن تلخيصها فيما يلى:

- هناك علاقة بين النيتروجين وكل من الفوسفور والبوتاسيوم وعادة ما تستخدم النسبة بين النيتروجين والفوسفور وكذلك النسبة بين النيتروجين والبوتاسيوم فى وصف الحالة الغذائية لتلك العناصر داخل النبات.
- امتصاص النترات يشجع من امتصاص الكاتيونات.
- أنيونات الكلورين (Cl^-) والهيدروكسيل (OH^-) تقلل من امتصاص النترات.
- يزيد المحتوى العالى من الكربوهيدرات فى أنسجة النباتات من امتصاص كاتيون الأمونيوم (NH_4^+) .
- امتصاص كاتيون الأمونيوم يقلل من امتصاص الكاتيونات الأخرى ويؤدى على سبيل المثال إلى نقص عنصر الكالسيوم وكذلك انخفاض عنصر البوتاسيوم فى النبات.

● الصور الذائبة فى النبات Soluble forms :

تختلف تركيز الصورة الذائبة من النيتروجين داخل النبات تبعا لمرحلة النمو كالآتى:

- فى مرحلة النمو المبكرة يوجد النيتروجين على صورة أنيونات النترات الذائبة فى الساق الرئيسية وأعناق الأوراق حيث يتراوح التركيز من ٨٠٠٠ إلى ١٢٠٠٠ جزء فى المليون PPm.
- فى منتصف موسم النمو ينخفض تركيز النترات إلى المدى الذى يتراوح من ٣٠٠٠ إلى ٨٠٠٠ جزء فى المليون حيث يكون أكثر تركيزا فى قاعدة الساق الرئيسى وفى أعناق الأوراق الحديثة كاملة النضج. ومن المؤكد أيضا أن الأحماض الأمينية الذائبة توجد أيضا داخل النبات.

- **أعـراض نقـص النيتروجـين علـى النباتـات الراقيـة Deficiency symptoms: (انظر ملزمة الألوان)**

تتلخص أعراض نقص عنصر النيتروجين على النبات فى النقاط التالية:
- ظهور الأوراق باللون الأخضر الفاتح حتى تصبح صفراء اللون.
- النباتات تكون بطيئة النمو جدا وضعيفة.
- يظهر الاصفرار على الأوراق المسـنة أولا حيث إن عنصر النيتروجين يتحرك من الأنسجة المسنة لينتقل إلى الأجزاء حديثة النمو.
- نقص النيتروجين يؤدى إلى النضج المبكر للمحصول وانخفاض جودته quality.

- **أعـراض زيادة عنصر النيتروجين علـى النباتات الراقية Symptoms of excess:**

عنـد زيادة إمداد النبات بعنصـر النيتروجين فإن ذلك يؤدى إلى تكوين البروتين ويشجع ذلك على تكوين أوراق ذات سطوح كبيرة تقوم بتمثيل المواد الكربوهيدراتية اللازمة لتمثيل البروتين وتكوين الأوراق الكبيرة. فإذا زادت كمية النيتروجين كثيرا عن حاجة النبات فقد يسـبب هذا نقصا فى امتصاص عناصر أخرى مثل الفوسفور. كذلك تؤدى الزيادة المفرطة للنيتروجين فى وسط النمو إلى زيادة فى كمية البروتوبلازم بالنسبة إلى جدران الخلايا الأمر الذى ينتج عنه ما يلى:
- دقة جدر هذه الخلايا مما يجعل الأوراق أقل صلابة بالمقارنة بالأوراق طبيعية النمو.
- زيادة نسبة الماء فى الخلايا وانخفاض نسبة الكالسيوم.
- زيادة البروتوبلازم تجعل الأوراق عصيرية تتعرض لتقلبات الجو غير الملائمة كالجفاف والصقيع. كذلك تصبح الأوراق أشد تعرضا للإصابة الحشرية والفطرية.
- كذلك يعتقد البعض فى وجود علاقة بين كميات النيتروجين فى النباتات وميعاد التزهير لهذه النباتات.

وتقسم النباتات بالنسبة لتأثير ميعاد الإزهار بزيادة إمدادها بالنيتروجين إلى:

(أ) **نباتات سـالبة بالنيتروجين:** مثل القمح والشـعير والسـبانخ: وهذه تبكر فى التزهير عند عدم تسميدها بالنيتروجين أو عند إعطائها النيتروجين بكميات قليلة ويتأخر تزهيرها كثيرا إذا سمدت بكميات كبيرة منه.

(ب) **نباتــات موجبة بالنيتروجين:** مثل القطن والذرة وهذه تبكر فى تزهيرها إذا سمدت بكميات متوسطة من النيتروجين.

(جـ) **نباتات محايدة:** لا يتأثر ميعاد تزهيرها بأية كميات تعطى لها من النيتروجين ومن ضمنها فول الصويا وأغلب البقوليات.

• صور النيتروجين الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

يوجد النيتروجين الميســر للنبات فى التربة علــى صورتين إما على صورة أنيون النترات (NO^-_3) وإما على صورة كاتيون الأمونيوم (NH^+_4) ويتوقف امتصاص أى من الصورتين على بعض العوامل منها:

- رقم حموضة التربة (pH).
- درجة الحرارة.
- وجود الأيونات الأخرى فى المحلول الأرضى.

ومــن الجدير بالذكر أن كاتيــون الأمونيوم (NH^+_4) من الكاتيونــات المتبادلة فى التربــة. كما أنه تحت الظروف اللاهوائية يوجد أنيون النتريت (No_2) فى المحلول الأرضى وهو سام للنباتات حتى عند المستويات المنخفضة (أقل من ٥ فى المليون).

عنصر الفوسفور(P) Phosphorus:

• مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement& Functions:

إن عنصر الفوســفور مــن العناصر الغذائية الكــبرى Macronutrient ويوجد فى المركبات الآتية داخل النبات.

- مكون فى الإنزيمات المتخصصة والبروتينات Certain Enzymes and Proteins.
- يدخل فى تركيب أدينوزين تراى فوسفات (ATP) Adenosine Tri- phosphate كما يوجد أيضا الفوسفور فى النبات كأحد مكونات الأحماض النووية والفوسفوليبدات (Phospholipids) والقرين الإنزيمى (AND) والقرين الإنزيمى (NADP).
- يدخل الفوســفور فى تركيب أحماض الريبونيوكليك.(Ribonucleic Acids (RNA وكذلك أحماض الدى أوكسى ريبونيوكليك (Deoxyribonucleic Acids (DNA.

- ومركب ATP يكون له أهمية فى التفاعلات المختلفة لنقل الطاقة ، كما أن مركبات (RNA) و(DNA) لها أهمية خاصة فى حفظ الصفات الوراثية.
- يوجد فى النباتات نشطة النمو بتركيزات عالية فى المناطق المرستمية حيث يلعب دورا هاما فى تمثيل البروتينات النووية (Nucleoproteins) .

● محتوى النباتات الراقية من الفوسفور plant content:

- يمثل الفوسفور نسبة من الوزن الجاف لمعظم المحاصيل تتراوح من ٠,١٥ ٪ إلى ١,٠٪ .
- تعتبر النسبة المئوية لتركيز الفوسفور فى أنسجة الورقة الحديثة كاملة النضج التى تتراوح من ٠,٢٪ إلى ٠,٤٪ هى قيم الكفاية والقيم الحرجة Critical Values للفوسفور عادة تكون أقل من ٠,٢٪ فى حالة النقص وأكبر من ١٪ فى حالة الزيادة.
- يوجد الفوسفور بتركيز عالٍ فى الأوراق الحديثة (New Leaves) وفى أعناقها.
- وتحتوى المحاصيل عالية الإنتاجية من ١٥ إلى ٧٥ رطل فوسفور/ إيكر (١٧ إلى ٨٤ كجم فوسفور/ هكتار) .

* ونلاحظ أنه بعد جمع الحبوب من النباتات يظل معظم الفوسفور فى بقية أجزاء النبات.

● علاقة عنصر الفوسفور ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) Interactions:

يوجد علاقة بين النيتروجين والفوسفور مثلها مثل العلاقة بين الفوسفور وعناصر المغذيات الصغرى مثل النحاس والحديد والزنك (انظر شكل ٦) وتعتبر النسبة ٣ : ١ بين النيتروجين والفوسفور وكذلك النسبة ٢٠٠ : ١ بين الفوسفور والزنك مناسبة لكل منهما.

● صور الفوسفور الذائبة فى النبات: Soluble forms:

الفوسفور الذائب (فى محلول ٢٪ حامض خليك) يوجد على صورة أورثوفوسفات فى السوق الرئيسية وأعناق الأوراق للنبات. ويتراوح تركيز الفوسفور الذائب بين ١٠٠ إلى ٥٠٠٠ جزء فى المليون فى مادة النبات الجافة ويمكن أن يستخدم تركيز الفوسفور

الذائب سابق الذكر فى تقييم حالة الفوسفور فى النبات ويعتبر التركيز ٢٥٠٠ جزء فى المليون أو التركيزات القريبة منه تركيزا حرجا Critical Concentration.

• أعراض نقص الفوسفور على النباتات الراقية Deficiency symptoms: (انظر ملزمة الألوان)

إن مركبات عنصر الفوسفور لها القدرة على التحرك والانتقال داخل النبات من الأجزاء المسنة إلى أماكن النمو لاستخدامه مرة أخرى فى الأنسجة الحديثة ولذا فإن أعراض النقص تظهر أولا على الأنسجة المسنة حيث تتلخص أعراض نقص الفوسفور فيما يلى:

- بطء النمو وضعف النباتات وتظهر الأوراق المسنة باللون الأخضر [1] الداكن مع بقع بنفسجية وتظهر أيضا على الأوراق بقع ألوانها قرمزى أو صفراء أو حمراء وخاصة على السطح الأسفل وفى بعض الأحيان تظهر على النصل بقع متفرقة ذات لون قرمزى أو بنى.
- فى نباتات البطاطس والفول تظهر أعراض النقص على هيئة احتراق حواف الأوراق.
- يظهر اللون الداكن لثمار الأشجار التى تعانى من نقص الفوسفور ويكون لبها طريا والثمرة ذات طعم حامضى وتكون غير قابلة للحفظ لمدة طويلة.

• أعراض زيادة عنصر الفوسفور على النباتات الراقية Symptoms of excess:

غالبا ما تؤدى الزيادة فى عنصر الفوسفور إلى ظهور أعراض نقص بعض العناصر الغذائية وخصوصا عنصرى الحديد والزنك حيث إنها من أكثر العناصر تأثرا بزيادة الفوسفور انظر شكل (٦) .

• صور الفوسفور الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

يوجد الفوسفور فى معظم الأراضى بكميات متساوية تقريبا من الصورة العضوية

---

(١) ينتج اللون الأخضر الداكن نتيجة تكوين مركبات النيتروجين ذات الوزن الجزئى الصغير نظراً لعدم توفر المواد الكربوهيدراتية اللازمة لتكوين البروتينات. وبالنسبة للبقع البنفسجية فإنها تظهر نتيجة لتكوين صبغة الأنثوسيانين Anothocyanin.

والمعدنية. ويلعب رقم pH التربة دورا أساسيا فى سيادة إحدى صورتى الفوسفور الأنيونية وهما الفوسفات ثنائية الهيدروجين Dihydrogen Phospate $H_2PO^-_4$ والفوسفات أحادية الهيدروجين Monohydrogen Phosphate HPO^-_4 والمصدر الأساسى للفوسفور المعدنى Inorganic-P يتمثل فى فوسفات الكالسيوم وفوسفات الألمونيوم وفوسفات الحديد وسيادة أى من هذه الصور تعتمد بدرجة كبيرة على رقم pH التربة وبالتالى يمكن القول بأن فوسفات الكالسيوم تسود فى الأراضى المتعادلة والمائلة للقلوية بينما تسود فوسفات الألمونيوم والحديد فى الأراضى الحامضية وينطلق الفوسفور إلى المحلول الأرضى نتيجة تحلل بقايا المحاصيل والكائنات الدقيقة Microorganisms.

عنصر البوتاسيوم (K) Potassium:

- **مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement& Functions:**

يصعب تحديد دور البوتاسيوم فى حياة النبات وذلك لأنه لا يدخل فى تركيب أى مكون عضوى داخل النبات كالبروتينات والدهون والكربوهيدرات والكلورفيل، وقد أجريت العديد من الدراسات على هذا العنصر أمكن من خلالها استنتاج الوظائف التى يقوم بها البوتاسيوم داخل النبات فيما يلى:

- يوجد البوتاسيوم ذائبا فى العصير الخلوى مما يجعله يلعب دورا هاما فى المحافظة على بقاء الخلايا منتفخة حيث يرفع من قوة الضغط الإسموزى وبالتالى قوة امتصاص الخلايا الأسموزى للماء.
- يلعب البوتاسيوم دورا أساسيا فى عملية فتح وقفل الثغور Stomata.
- ينظم المحتوى المائى للخلايا وكذلك الماء الذى يفقده النبات أثناء عملية النتح.
- يزيد من صلابة جدر الخلايا حيث إنه يؤدى إلى زيادة الأنسجة الميكانيكية التى تزيد من صلابة المحاصيل النجيلية.
- يلعب دورا منشطا فى عملية تمثيل البروتينات ووجوده بتركيزات مرتفعة فى أجزاء المناطق المرستيمية للنبات يعتبر أفضل دليل على أن للبوتاسيوم دورا

فـــى تنشـــيط الأنزيمات التى تشـــارك فى عمليـــة تمثيل المركبـــات ذات الروابط الببتيدية .(Peptide bonds) .

- يلعب البوتاسيوم دورا فى عملية تجميع ونقل الكربوهيدرات حديثة التكوين.
- نقص البوتاسيوم يسبب ضررا للبرعم الطرفى حيث وجد أن النباتات التى تعانى من نقص البوتاسيوم تكون السيادة القمية لها ضعيفة ومنعدمة.
- يقوم البوتاســيوم كعامل مســاعد فى خطوات عملية البناء الضوئى حيث ينشــأ عـــن نقصـــه خفض فى معـــدل عملية البنـــاء الضوئى ، كما وجد أن البوتاســيوم يســاعد على تحلل النشــا تحليلا مائيا إلى سكريات تمهيدا لانتقالها إلى الأجزاء المختلفة للنبات.

● محتوى النباتات الراقية من البوتاسيوم plant content:

يصل محتوى البوتاســيوم فى المادة الجافة لأنســجة الورقة بنسبة تتراوح من ١٪ إلى ٥٪ وتعتـــبر النســـبة المئوية لتركيـــزه التى تتروح من ١,٥٪ - ٣٪ فى أنســـجة الأوراق الحديثـــة كاملـــة النضج هى حد الكفاية للعديد من المحاصيـــل وبناء على ذلك فاحتواء النبات على نســـبة أقل من ١,٥٪ تجعله يعانى من نقص البوتاسيوم حينما يعتبر تركيز البوتاسيوم الذى يتراوح من ٦ إلى ٨٪ فى أنسجة الساق كافيا لبعض محاصيل الخضر.

وتحتـــوى الأوراق الحديثـــة وأعناقها وكذلك ســـوق النباتات علـــى أعلى تركيز للبوتاسيوم.

- تحتـــوى المحاصيل عاليـــة الإنتاجية من ٥٠ إلى ٥٠٠ رطل بوتاســـيوم/ أيكر (٥٦ إلى ٥٦٠ كجـــم بوتاســـيوم/ هكتار وهو يســـاوى ٢٢,٤ إلى ٢٢٤ كجم/ فدان، وتحتوى بعض المحاصيل مثل الموز على ١٥٠٠ رطل بوتاسيوم/ إيكر (١٦٨٠ كجم بو/ هكتار وهو ما يساوى ٦٧٢ كجم بوتاسيوم/ فدان) .

- وتمتـــص معظـــم النباتات كميات من البوتاســـيوم أكثر مـــن احتياجاتها وهذه الزيـــادة يطلق عليها الاســـتهلاك الترفـــى Luxury consumption ويلاحظ أن معظم محاصيل الفاكهة تستهلك كميات كبيرة من البوتاسيوم من التربة.

• علاقـة عنصـر البوتاسـيوم ببعـض العناصـر الأخـرى (التفاعلات) :Interactions

يوجد علاقة بين البوتاسيوم وكل من المغنسيوم والكالسيوم حيث تؤدى التركيزات المرتفعة من البوتاســيوم إلى نقص عنصر المغنســيوم وكذلك الكالسيوم انظر شكل (٦) وتســتخدم نســبة البوتاسيوم إلى المغنســيوم وكذلك نسبة البوتاســيوم إلى الكالسيوم وقــد يلعــب كاتيون الأمونيــوم (NH^+_4) أيضا دورا فى علاقة الاتــزان التى توجد بين الكاتيونات الثلاثة Mg, Ca, K.

• الصور الذائبة فى النبات Soluble forms:

وكما سبق أن ذكرنا فإن عنصر البوتاسيوم لا يوجد على صورة متحدة داخل النبات وإنه يسهل استخلاصه سواء من أنسجة النبات الغضة أم الجافة. ويجب أن يكون تركيز البوتاسيوم المستخلص من الأنسجة النباتية مساويا للتركيز الكلى للنبات وقد تعانى بعض النباتات من نقص البوتاسيوم إذا احتوى العنصر المستخلص من السوق الطازجــة أو أعنــاق الأوراق (Petioles) علــى تركيز أقل مــن ٢٠٠٠ جزء فى المليون بوتاســيوم بينما يعتبر مناسبا إذا احتوى مستخلص السوق وأعناق الأوراق على أكبر من ٣٠٠٠ جزء فى المليون بوتاسيوم.

• أعـراض نقـص البوتاسـيوم علـى النباتـات الراقيــة Deficiency symptoms: (انظر ملزمة الألوان)

إن عنصر البوتاسيوم من العناصر المتحركة داخل النبات لذلك فإن أعراض نقصه تظهر أولا على الأنســجة المسنة نتيجة انتقاله منها إلى مناطق النمو الحديثة حيث يعاد استخدامه فى تكوين تلك النموات الحديثة. ولذا فإن أول أعراض النقص تظهر على الأوراق الســفلى ويتدرج ظهور الأعراض من أسفل إلى أعلى النبات. ولكن عند ازدياد نقص البوتاســيوم فإن مناطق النمــو الحديثة تتأثر أيضا وتموت القمم النامية ويتبــع ذلك موت النبات بأكمله. ويمكن تلخيص أعراض نقص عنصر البوتاســيوم على النبات فى النقاط التالية:

– تظهر الأوراق السفلى باللون الأخضر المزرق، وقد يلاحظ اصفرار بين العروق.

- تبع ذلك احتراق قمم الأوراق حتى يصبح لونها بنيا.
- احتراق حواف الأوراق وظهور نقط بنية اللون قريبة من الحواف المحترقة.
- ثم تنثنى حواف الأوراق وتلتف نحو السطح العلوى أو السفلى على طول العروق الوسطى.
- تظهر السيقان فى هذه الحالة رفيعة ذات سلاميات قصيرة وكذلك يكون نمو الجذور ضعيفا لدرجة أن الأشجار تصير غير مثبتة جيدا فى التربة ويسهل على الرياح الشديدة اقتلاعها من جذورها. كما تنخفض كمية المحصول بالنسبة لأشجار الفاكهة وكذلك تقل جودة الثمار.
- ربما تصبح النباتات حساسة لوجود كاتيون الأمونيوم ويؤدى ذلك إلى احتمال حدوث السمية بالأمونيوم (جونز وآخرون عام ١٩٩١) .

ومن الجدير بالذكر أن حالات نقص البوتاسيوم تكون أكثر شيوعا فى الأراضى الرملية بينما يقل حدوثها فى الأراضى ثقيلة القوام.

● أعراض زيادة عنصر البوتاسيوم على النباتات الراقية Symptoms of excess:

تعانى النباتات التى بها زيادة فى عنصر البوتاسيوم نقصا فى عنصر المغنسيوم وربما عنصر الكالسيوم وذلك نتيجة اختلال التوازن بين عنصر البوتاسيوم وعنصرى المغنسيوم والكالسيوم انظر شكل (٦) ويلاحظ فى حالة زيادة عنصر البوتاسيوم أن أعراض نقص المغنسيوم هى التى تظهر أولا.

● صور البوتاسيوم الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

يوجد البوتاسيوم فى التربة على أربع صور هى:

- البوتاسيوم الذائب Soluble-K فى المحلول الأرضى والبوتاسيوم فى هذه الصورة يعتبر سريع الصلاحية للنبات النامى.
- البوتاسيوم المتبادل Exchangelable- K على أسطح غرويات الأرض المعدنية والعضوية، والبوتاسيوم فى هذه الصورة سريع الصلاحية للنبات.
- البوتاسيوم المثبت Fixed-K بين طبقات معادن الطين ٢ : ١ وهذه الصورة تعتبر بطيئة أو متوسطة الصلاحية للنبات.

– البوتاســيوم الأصلــى Native -K ويدخل فى تركيب المعــادن الأولية والثانوية فى الأرض مثــل الأورثــوكلاز $KAlSi_3O_8$ والميكامســكوفيت $K(Si,Al)_4Al_2O_{10}(OH)_2$ والميكابيوتيت $K(Al,Si)_4(Al,Mg,Fe)_3O_{10}(OH)_2$ والبوتاسيوم الداخل فى تركيب هذه المعــادن يعتبر على صورة غير صالحة لامتصاص النبــات ولابد من حدوث عملية تجوية Weathering لها حتى يخرج منها البوتاسيوم على صورة ميسرة لامتصاص النبات، ويمكن ترتيب هذه المعادن من حيث مقاومتها للتعرية كما يلى:

أورثوكلاز> ميكامسكوفيت> ميكابيوتيت

ومــن الجديــر بالذكر أن صور البوتاســيوم ســابقة الذكر تكون فــى حالة اتزان Equilibrium مع بعضها فى الأرض بحيث إن النقص فى إحدى الصور يتم تعويضه مــن الصور الأخــرى، فعند إضافة أحد أسمدة البوتاســيوم إلى التربــة فإن الاتزان يتجه نحو البوتاســيوم المتبادل والمثبــت أو يمكن أن يتجه إلى المحلول الأرضى من البوتاسيوم المتبادل أو المثبت عندما يمتص عنصر البوتاسيوم بواسطة جذور النباتات من المحلول الأرضى والشكل التالى يوضح الاتزان بين صور البوتاسيوم فى الأرض.

البوتاسيوم قليل الصلاحية للنبات
(الداخل فى تركيب المعادن الحاملة للعنصر)

البوتاسيوم متوسط الصلاحية (المثبت)

البوتاسيوم سريع الصلاحية للنبات (الذائب والمتبادل)

شكل (٩) يوضح الاتزان بين الصور المختلفة للبوتاسيوم فى الأرض وعلاقتها ببعضها

عنصر الكالسيوم Calcium (Ca) :

● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:

عنصر الكالسيوم من العناصر الغذائية الكبرى Macronutrient الضرورية للنبات حيث إنه يلعب أدوارا هامة فى حياة النبات يمكن تلخيصها فيما يلى:

- يحافظ على نفاذية الأغشية الخلوية.
- يساعد على تكوين ونمو حبوب اللقاح.
- ينشط عدداً من الأنزيمات التى لها دور فى عملية الانقسام غير المباشر للخلية (Mitosis) ومن المعتقد أن الكالسيوم له دور فى عملية التنظيم الميتوزى للخيوط المغزلية للخلية Chromatin or mitotic spindle organisation وبالتالى فإن نقص عنصر الكالسيوم فى النبات يسبب حدوث انقسام للخلايا بطريقة غير طبيعية وذلك لأنه يؤثر على تركيب الكروموسومات وثباتها.
- قد يكون له أهمية لعملية تمثيل البروتينات وانتقال الكربوهيدرات داخل النبات.
- يقوم الكالسيوم بتعادل الأحماض العضوية التى تتكون فى النبات كمنتجات ثانوية وقد تكون ذات تأثير ضار بالنبات وبذا تترسب على هيئة أملاح مثل أكسالات وخلات وفورمات الكالسيوم.
- يوجد فى النبات على صورة بكتات الكالسيوم بين جدر الخلايا حيث تعمل كمادة لاحمة بين جدر الخلايا وتقوم بتثبيت الخلايا بعضها ببعض، كذلك تعمل مادة بكتات الكالسيوم على منع تسرب المواد العضوية والمعدنية من الخلية خلال الجدران وقد لوحظ أنه عند استبدال الكالسيوم فى مادة بكتات الكالسيوم بأى عنصر آخر كالمغنسيوم أو البوتاسيوم فإن بكتات هذه العناصر لا تتحكم فى تسرب محتويات الخلية السابق ذكرها إلى الخارج.
- وجود الكالسيوم ربما يقى النبات من السمية الناتجة عن وجود العناصر الثقيلة.

● محتوى النباتات الراقية من الكالسيوم plant content:

- يتراوح محتوى الكالسيوم فى النباتات من ٠,٢٪ إلى ٣,٠٪ من الوزن الجاف فى أنسجة الورقة بينما تترواح الكميات الكافية للنبات من ٠,٣٪ إلى ١,٠٪ فى أنسجةالورقة لمعظم المحاصيل.

- وتختلــف القيم الحرجة Critical values للكالســيوم بدرجة كبيرة باختلاف نوع المحصول فأقلها تكون لمحاصيل الحبوب وأكبرها تكون لبعض محاصيل الخضر والفاكهة Fruits crops وتوجد التركيزات العالية فى الأوراق المسنة.
- والمحتــوى الكلى من الكالســيوم لا يكــون دليلا على كفايتــه للنبات حيث إن الكالسيوم يتراكم فى بعض النباتات على صورة بللورات من إكسالات الكاسيوم، بينما يعتبر الكالســيوم المســتخلص Extractable- Ca له دلالة أفضل للتعبير عن الكميات الكافية (Wallace 1971) .
- تحتــوى المحاصيل عالية الإنتاجية على كمية من الكالســيوم تتراوح من ١٠ إلى ١٧٥ رطل/ إيكر (١١ إلى ١٩٦ كجم كالسيوم/ هكتار وهو ما يساوى ٤,٤ إلى ٧٨,٤ كجم كالسيوم/ فدان) ويلاحظ بعد جنى الحبوب أو الثمار فإن الجزء المتبقى من النباتات يحتوى على معظم الكالسيوم.

● علاقــة عنصــر الكالســيوم ببعــض العناصــر الأخــرى (التفاعــلات) :Interactions

كما ســبق الذكر فى حالة عنصر البوتاســيوم فإن هناك علاقة بين عنصر الكالســيوم والبوتاسيوم وكذلك علاقة بين الكالسيوم والمغنسيوم (انظر شكل ٦) وتؤثر نسبة الكالسيوم إلى كل من النيتروجين والبورون فى محاصيل الفاكهة على جودة الثمار، وتغذية النباتات بالأمونيوم تؤدى إلى نقص عنصر الكالسيوم حيث ينخفض امتصاص النبات له.

● الصورة الذائبة Soluble form:

الكالسيوم الذائب Soluble- Ca (المستخلص فى محلول ٢٪ حامض خليك) يعتبر أفضــل دليل لوصف حالة الكالســيوم داخل النبات عن اســتخدام المحتوى الكلى والذى يوجد غالبا على صورة بللورات من إكســالات الكالســيوم. ويعتبر ٨٠٠ جزء فى المليون تركيزا حرجا للكالسيوم الذائب لمعظم المحاصيل.

● أعراض نقص الكالسيوم على النباتات الراقية Deficency symptoms: (أنظر ملزمة الألوان)

إن عنصر الكالســيوم غير متحرك Immobile داخل النبات ولذا تحدث أعراض نقصــه على النموات الحديثة وهذا يفســر بدء ظهور أعراض نقص الكالســيوم على الأوراق الصغيرة التى بجوار قمم السوق.

وظهـور أعـراض نقص الكالسـيوم يكون أكثر شـيوعا فى الأراضـى الحامضية وتختلف النباتات من حيث حساسـيتها لنقص الكالسـيوم فعلى سـبيل المثال فإن البقوليات والكرنب والقنبيط وبنجر السـكر من النباتات شـديدة الحساسـية لنقص عنصر الكالسـيوم والتى لها فى نفس الوقت احتياجات كبيرة منه ويمكن تلخيص أعراض نقص الكالسيوم على النباتات فى الآتى:

- تظهر الأوراق الحديثة مشوهة التركيب وغير منتظمة فى الشكل وقد تلتف حواف الأوراق طوليا إلى أعلى أو تنحنى الحواف نحو السطح الأسفل وربما تنحنى قمة الورقة على شكل هلب.
- عدم انتظام شـكل حواف الأوراق وقد تكون ممزقة وقد يظهر على حواف الأوراق احتراق ذو لون بنى أو على شكل أشرطة رفيعة صفراء.
- تكون الجذور ضعيفة التكوين وتظل قصيرة قزمية كما تفقد قدرتها على الاستطالة وقـد تظهر جيلاتينية كما فـى محصول البطاطس حيث يتأثـر تكوين الدرنات نتيجة نقص الكالسيوم وربما يعجز النبات تماما عن تكوين درناته.
- يتوقف نمو المناطق المرسمتية فى السوق والأوراق وأطراف الجذور ثم تموت.
- تتلخص أعراض نقص الكالسـيوم على أشـجار الفاكهة مثل أشـجار التفاح فى مـوت القمم النامية للفروع ثم تمـوت الأوراق مبتدئة من الأوراق القريبة من القمم النامية وتتجه إلى قاعدة الفرع. كما تحترق حواف الأوراق وتتمزق وتلتف إلى أعلى ويلاحظ أن الأوراق القمية هى التى تتأثر أولا.

• أعراض زيادة عنصر الكالسـيوم على النباتات الراقية Symptoms of excess:

يـؤدى المحتوى العالى من الكالسـيوم إلى نقص فى كل من عنصر المغنسـيوم أو البوتاسيوم ويعتمد ذلك على تركيز العنصرين فى النبات.

• صور الكالسيوم الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

يوجد عنصر الكالسيوم على صورة كاتيون (Ca^{+2}) ثنائى التكافؤ فى المحلول الأرضى وكذلـك على صورة متبادلة exchangeable- Ca على سـطح غرويات التربة. وعادة

ما يكون الكالسيوم أعلى الكاتيونات تركيزا فى التربة سواء كان على صورة ذائبة فى المحلـول الأرضى أم متبادلــة على مقعد التبادل للأراضى المرتفعة فى رقم الحموضة (pH=٨) والتـــى ربما تحتوى على كميات كبيرة من الكالســيوم مرســبة على صورة كربونات أو كبريتات الكالسيوم.

عنصر المغنسيوم (Mg) Magnesium:

• مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:

إن للمغنسيوم وظيفتين أساسيتين فى العمليات التمثيلية للنبات:

أولهمــا: أنــه يدخل فى تركيب جــزىء الكلوروفيل وبالتــالى لا تحدث عملية التمثيل الضوئى فى غيابه.

ثانيهمــا: أنــه يدخل فى تنشــيط العديــد من الأنزيمــات المصاحبــة لتمثيل الكربوهيدرات ويدخل مركب ATP فى تلك التفاعلات وفى الأنزيمات التى تشترك فى تمثيل الكربوهيدرات التى تحتاج إلى أيون المغنسيوم (Mg^{+2}) كمنشط.

• محتوى النباتات الراقية من المغنسيوم plant content:

تحتوى النباتات بصفة عامة على عنصر المغنسيوم بتركيز يتراوح من ٠,١٥٪ إلى ١,٠٪ من الوزن الجاف لأنســجة الورقة ويعتبر التركيز ٠,٢٥٪ من المغنســيوم فى أنسجة الورقة مقدار كافيا لمعظم المحاصيل.

* ومن أهم العوامل التى تؤثر على القيم الحرجة Critical values لعنصر المغنســيوم داخل النبات:

– نــوع المحصول حيث إن تلك القيم تصبــح أقل ما يمكن فى محاصيل الحبوب بينما تكون عالية فى المحاصيل البقولية وبعض محاصيل الخضر والفاكهة. وتحتوى الأوراق المسنة على أعلى تركيزات من المغنسيوم. والمحاصيل عالية الإنتاجية تحتوى على كمية مغنســيوم تتراوح من ١٠ إلى ١٧٥ رطل مغنســيوم/ أيكر (١١ إلى ١٩٦ كجم مغنســيوم/ هكتار وتســاوى ٤,٤ كجم إلى ٨,٤ مغنســيوم/ فدان) ومن الملاحظ أنه عند جمع الحبوب أوالثمار فإن الجزء النباتى المتبقى يكون محتويا على معظم المغنسيوم.

● علاقة عنصر المغنسيوم ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) :Interactions

يحدث نقص لعنصر المغنسيوم فى النبات نتيجة لزيادة تركيز بعض العناصر الكاتيونية فى بيئة نمو الجذور. ومن أهم هذه العناصر: البوتاسيوم (K^+) والكالسيوم (Ca^{++}) ويعتبر المغنسيوم أضعف من هذه الكاتيونات على التنافس انظر شكل (٦) .

● الصورة الذائبة فى النبات :Soluble form

يمكن استخلاص المغنسيوم الذائب فى النبات بنجاح باستخدام محلول حامض خليك تركيز ٢٪ أو باستخدام محلول مخفف من حامض الهيدروكلوريك.

● أعراض نقص المغنسيوم على النباتات الراقية :Deficiency symptoms (انظر ملزمة الألوان)

– تظهر الأوراق صفراء اللون أو يظهر عليها أعراض مرض الاصفرار الذى يبدأ من الأوراق المسنة حيث المغنسيوم عنصر متحرك فى النبات. وتظهر أعراض نقصه على الأوراق المسنة أولا وفى حالة اشتداد النقص يظهر الاصفرار على الأوراق الحديثة.

● أعراض زيادة عنصر المغنسيوم على النباتات الراقية Symptoms of excess:

لا يوجد أعراض سمية تخص زيادة عنصر المغنسيوم داخل أنسجة النبات وغالبا ما تظهر السمية عند احتواء الأنسجة على أكثر من ١٪ منه والمهم فى ظهور تلك الأعراض هو عدم التوازن بين عنصر المغنسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم، فزيادة نسبة المغنسيوم– التى تخل بالتوازن بين العناصر الثلاثة– تقلل من نمو النبات.

● صور المغنسيوم الميسرة للنبات فى التربة :Available soil forms

يوجد المغنسيوم فى التربة على صورة كاتيون ثنائى التكافؤ (Mg^{+2}) ذائب فى المحلول الأرضى وكذلك على صورة متبادلة على أسطح غرويات التربة.

ويعتبر المغنسيوم ثانى عنصر من حيث التركيز فى كل من الصورتين الذائبة والمتبادلة فى حالة الأراضى المتعادلة والحامضية الخفيفة.

عنصر الكبريت Sulfur (S) :

● مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:

يدرج الكبريت ضمن العناصر الغذائية الكبرى الضرورية Macronutrient لتغذية النبات. حيث يمتصه النبات من التربة على صورة أنيون كبريتات سالب الشحنة SO_4^- وسرعان ما تختزل داخل النبات لتكون مجموعة السلفاهيدريل Sulphhydryle (SH) أو صورة كبريت S^- حتى يمكن أن يدخل في تركيب الأحماض الأمينية مثل الثيامين والسستين Cystin والذى يوجد فى معظم البروتينات ومن أهم وظائف الكبريت هى:

- يدخل فى تركيب بعض الأحماض الأمينية مثل السستين Cystin والميثونين Methionine.
- يدخل فى تركيب بعض المركبات مثل البتيدجلوتاثيون peptide gluthation وفيتامين B ومساعد الأنزيم Coenzyme A.
- يدخل فى تركيب الجلوكوسيدات Glucosides والتى تعطى صفة الرائحة والتذوق فى نباتات العائلة الصليبية والزنبقية (البصل– الثوم– القنبيط) .
- يقى من حدوث الإصابة ببعض الأمراض.
- له علاقة بعملية اختزال النترات ولهذا قد يصاحب نقص العنصر زيادة تراكم النترات فى النبات.
- يؤثر على نمو المجموع الجذرى فى النبات وخاصة فى النباتات البقولية حيث يقل تكوين العقد الجذرية عند نقص الكبريت وتؤدى إضافتة من جديد إلى زيادة هذه العقد على الجذور.
- يؤثر على تكوين جزىء الكلوروفيل.

● محتوى النباتات الراقية من الكبريت plant content:

محتوى الكبريت فى المادة الجافة لأنسجة الورقة يتراوح من ٠,١٥٪ إلى ٠,٥٪ وتعتبر النسبة بين النيتروجين إلى الكبريت لها أهمية لا تقل عن نسبة الكبريت

بمفـرده أو النسـبة بين الكبريتات إلى الكبريت الكلـى. ويختلف محتوى النباتات مـن عنصـر الكبريت باختلاف نوع النبات ومرحلة النمـو حيث إن نباتات العائلة الصليبيـة Cruciferae لها القدرة على تجميع الكبريـت بمقدار يصل إلى ٣ أضعاف كمية الفوسـفور. بينما تسـتطيع نباتات العائلة البقوليـة Leguminosae أن تجمع كميات متسـاوية من عنصرى الكبريت والفوسـفور. أما فى حالة محاصيل الحبوب Creals فإنها تجمع كميات من الكبريت تقل عن الفوسفور بمقدار الثلث.

وبصفة عامة فإن الكمية التى تستهلكها المحاصيل من عنصر الكبريت من التربة تتروح من ١٠ إلى ٨٠ رطل كبريت/ إيكر (١١إلى ٩٠كجم كبريت/ هكتار) .

وهى تسـاوى (٤،٤ إلى ٣٦ كجم كبريت/ فدان). وتزيل المحاصيل مثل الحبوب والحشائش والبطاطس من التربة حوالى ١٠ رطل كبريت إيكر وهىتساوى ٤،٤ كجم كبريت/ فدان، بينما تزيل محاصيل مثل بنجر السـكر والكرنب والبرسـيم والقطن كمية من الكبريت من التربة يتراوح بين ١٥ إلى ٤٠ رطل كبريت/ إيكر (١٧ إلى ٤٥ كجم كبريت/ هكتار وهى تساوى ٦،٨ إلى ١٨ كجم كبريت/ فدان) .

● علاقـة عنصـر الكبريـت ببعـض العناصـر الأخـرى (التفاعـلات) :Interactions

يوجد علاقـة تحفيز Synergistic بين الكبريت وعنصـرى النيتروجين والفلوريد بينمـا توجد علاقة تضاد Antagonestic بين الكبريت وعناصر الأرسـنات والبورون والموليبدنيوم والرصاص والسلينوم والحديد.

● الصور الذائبة فى النبات :Soluble form

يوجد الكبريت داخل النبات على صورة أنيونات كبريتات سـالبة الشحنة $SO_4^=$ حيـث يعتبر تركيز الكبريتات دليلا على كفاية الكبريت أكبر من محتوى الكبريت الكلى Total, S.

● أعراض نقص الكبريت على النباتات الراقية :Deficiency symptoms

- النباتـات التى تعانى من نقص الكبريت تظهر فى بادئ الأمر بلون أخضر مصفر ويبدأ الاصفرار أولا على الأوراق الصغيرة.

- عروق الأوراق تصبح أفتح فى اللون من باقى الورقة (عكس المغنسيوم) .
- تظل الورقة ملتصقة بالنبات ولا تسقط بتقدم النبات فى العمر.
- الثمار تصبح خضراء فاتحة اللون.
- الجذور تصبح أطول من المعتاد وتصير السوق خشبية ، كما تقل عدد العقد الجذرية فى البقوليات ، كما يحدث تأخر فى نضج الحبوب. ويلاحظ أن نقص عنصر الكبريت يكون مطلوبا فى نبات الدخان وذلك للحصول على لون مناسب للورقة.

وفى كثير من الحالات يمكن أن يختلط الأمر بين أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص عنصر النيتروجين. ويلاحظ أن أعراض نقص الكبريت ربما تحدث فى البادرات الصغيرة وتختفى عند اختراق جذر النبات طبقة تحت التربة وظروف الجفاف ربما تخفض من امتصاص الكبريت وتسبب نقصه داخل النبات. ونادرا ما يحدث أعراض نقص نظرا لإضافة عنصر الكبريت إلى التربة من مصادر عديدة دون قصد حيث يضاف مع ماء الرى أو المطر وكذلك مع الأسمدة العضوية والمعدنية مثل سلفات النشادر وسلفات البوتاسيوم والسوبر فوسفات وكذلك الجبس الزراعى الذى يضاف كمصلح لخواص التربة وهذا بالإضافة إلى قدرة النبات على أخذ جزء من احتياجاته من ثانى أكسيد الكبريت من خلال الثغور كما تظهر على النبات فى حالة نقص الكبريت أعراض الشيخوخة على أوراق النبات قبل الأوان.

• صورة الكبريت الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

يوجد أكثر من ٩٠٪ كم كمية الكبريت فى التربة فى المادة العضوية وتبلغ نسبة النتروجين إلى الكبريت فى المادة العضوية حوالى ١٠ : ١ ويوجد الكبريت فى المادة العضوية على صورة سلفاهيدريل SH وعند تحلل المادة العضوية ينفرد منها الكبريت على صورة H_2S (عملية معدنة) ثم يتأكسد بعد ذلك إلى كبريتات $So^{=}_4$ صالحة لامتصاص النبات ومن الجدير بالذكر أن معدل معدنة الكبريت العضوى (مثلها فى ذلك مثل النيتروجين) يتوقف على نسبة الكربون إلى الكبريت C/S ratio وعامة فإن معظم الكبريتات $So^{=}_4$ الميسرة تكون فى طبقة تحت التربة Subsoil وفى الأراضى المرتفعة (الـ pH أكبر من ٧) فإن الكبريت ربما يترسب على صورة كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ بينما فى حالة الـ pH المنخفضة (أقل من ٤) فإن أيون الكبريتات ربما يدمص على سطح أكاسيد الحديد والألومنيوم.

عنصر البورون Boron (B) :

• احتياجات النباتات الراقية له ووظائفه Requirement& Functions:

إن عنصر البـــورون أحد عناصر المغذيات الصغـــرى الضرورروية Micronutrients التى يمتصهـــا النبات على صورة أنيونية ، ويلاحظ أن النباتات تختلف احتياجاته له وتتلخص وظائفه داخل النبات فى النقاط التالية :

- ضرورى لتمثيل واحد من القواعد المكونة للـ RNR.
- يدخل فى عملية التلقيح فى الزهرة وبالتالى فإنه مهم لعملية تنشـــيط ونمو حبوب اللقاح على مياسم الأزهار.
- يحسن من نمو وثبات أنابيب اللقاح.
- يتحكم فى حركة الريشة والجذير ونموها.
- له أهمية كبيرة فى حركة السكر داخل النبات.

وعمومـــا ينتقـــل البـــورون أوليا فى أنســـجة الخشـــب وهو غير متحرك نســـبيا داخل النبات.

• محتوى النباتات الراقية من البورون Plant content:

يختلف احتياج النباتات لعنصر البورون ويمكن تقسيم النباتات تبعا لاحتياجاتها له كما يلى :

- تـــتراوح كميـــة العنصر فى أوراق النباتات أحادية الفلقـــة Monocots من ١ إلى ٦ أجزاء فى المليون بورون.
- ومن ٢٠ إلى ٧٠ جزءاً فى المليون فى أوراق النباتات ثنائية الفلقة Dicots.
- وفى بعض نباتات ثنائية الفلقة تحتوى حواف أوراقها على ٨٠ إلى ١٠٠ جزء فى المليون بورون وهذا التركيز يســـاوى تقريبا من خمســـة إلى عشرة أضعاف التركيز الموجود فى باقى نصل الورقة.

• علاقـــة عـنـصـــر الـبـورون بـبـعـــض الـعـنـاصـــر الأخـــرى الـتـفـاعـلات (Interaction):

هناك علاقة موجبة بين الكالسيوم والبورون فالمحتوى العالى من عنصر الكالسيوم

فى النبات يؤدى إلى الاحتياجات العالية من البورون. بينما محتوى النباتات العالى من عنصر البوتاسيوم يكون له تأثير سلبى فيسبب خفضا لمستويات البورون فى أنسجة النبات.

● صور البورون الذائبة فى النبات Soluble forms:

يوجد البورون فى النبات على صورة أيون البورات BO_3^{-3}.

● أعراض نقص البورون على النباتات الراقية Deficiency symptoms:

تختلف النباتات فى درجة تحملها لنقص البورون. والنباتات الحساسة لنقص البورون هى تلك التى يكون احتياجاتها كبيرة منه مثل (بنجر السكر والقنبيط والكرنب والتفاح والكمثرى والعنب) . وبالنسبة للمحاصيل الحقلية فإن النباتات ثنائية الفلقة تحتاج إلى كميات كبيرة من البورون تفوق احتياجات النباتات أحادية الفلقة. ولهذا لا يشيع نقص البورون فى محاصيل الحبوب أحادية الفلقة وعموما فإن النباتات التىتعانى من نقص البورون تظهر عليها الأعراض الآتية:

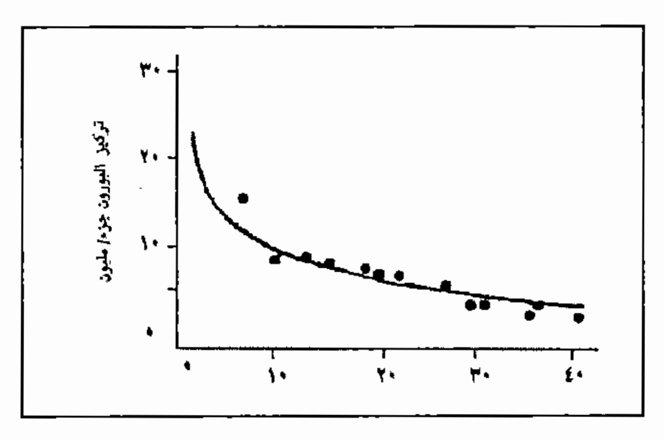
- نمو غير طبيعى وموت البراعم والقمم النامية.
- ضعف نمو الجذور.
- تتجمع الأوكسينات Auxins فى نقاط النمو والأوراق والسيقان وتصبح هشه.
- النمو الشاذ فى الخشب فيضطرب قيام الخشب بوظائفه كنسيج تتحرك من خلاله المواد.
- هدم جدر الخلايا وخاصة فى نسيج اللحاء.

● أعراض زيادة عنصر البورون على النباتات الراقية Symptoms of excess:

تؤدى زيادة البورون فى المحلول الأرضى عن حد معين إلى سمية الكثير من النباتات، وهذا يحدث غالبا فى أراضى المناطق الجافة نظرا لقلة غسيل البورون من الأرض وخاصة إذا أضيف إلى الأرض مركبات غنية فى البورون أو استخدم فى ريها مياه ذات محتوى مرتفع من البورون، وتختلف النباتات فى قدرتها على تحمل

التركيزات العالية من البورون فبعض النباتات لا تتحمل تركيزاً أكثر من جزء واحد/ مليون فى مياه الرى بينما قد تتحمل نباتات أخرى تركيزاً من البورون يصل إلى عشرة جزء/ مليون وبصفة عامة فإن حدوث السمية بالبورون يكون أكثر احتمالا إذا زاد مقدار البورون المستخلص بالماء الساخن من الأرض عن ٥ أجزاء/ مليون (وقد وجد إيهاب الصياد- وبلانشر سنة ١٩٩٣) أن أراضى محافظة الفيوم بجمهورية مصر العربية يكون محتوها من البورون متأثرا بالمسافة من بحيرة قارون حيث كانت الأراضى المتاخمة للبحيرة (تبتعد بمقدار ٠,٣كم) تحتوى على مقدار ٢٢,٠٢ جزءًا فى المليون بينما أقل تركيز من البورون التركيز البورون المستخلص بالماء الساخن وجد فى الأراضى التى تبعد عن البحيرة بمقدار ٣٩ كم يقل عن ٥ جزء فى المليون... وفى نفس الوقت فإن احتواء التربة من البورون المستخلص بالماء الساخن أقل من جزء واحد فى المليون يؤدى إلى ظهور أعراض نقص البورون على النباتات النامية فى تلك الأراضى.

ويوضح الرسم البيانى التالى تأثير المسافة من بحيرة قارون على محتوى أراضى الفيوم من البورون المستخلص بالماء الساخن.



المسافة من بحيرة قارون بالكيلو متر

تأثير بعد المسافة من بحيرة قارون على تركيز البورون المستخلص بالماء الساخن من الأراضى المدروسة

● والجدول التالى يوضح تحمل النباتات لتركيزات مختلفة من البورون فى مياه الرى:

نوع النبات	المدى من تركيزات البورون جزء/ المليون
١ - نباتات مقاومة لتركيزات البورون المرتفعة: النجيل- بنجر السكر- البرسيم الحجازى- القطن- البصل- الخيار.	٢ - ٤
٢ - نباتات متوسطة التحمل: البطاطس- الطماطم- الشعير- القمح- الذرة- الزيتون.	١- ٢
٣ - نباتات حساسة: البرتقال- المشمش- العنب- الخوخ- التفاح- الكمثرى.	أقل من ١

المصدر: خصوبة الأراضى وتغذية النبات سنة ١٩٩٢:

● **صور البورون الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:**

توجد كمية محسوسة من البورون فى الأرض على صورة مرتبطة بالمادة العضوية حيث يكون معقدات مع مجاميع الكربوكسيل فى حامض الهيوميك. وكلما زاد محتوى الأرض من المادة العضوية زاد محتواها من البورون المرتبط بها. وتزيد قوة ارتباط البورون مع المادة العضوية عن قوة ارتباطه مع الطين والأكاسيد السداسية. ويوجد البورون الذائب فى المحلول الأرضى أساسا على صورة بورات BO_3^{-3} حيث إن معظم الأراضى تكون فى الغالب سالبة الشحنة كما فى الأراضى الطينية الثقيلة وأحيانا متعادلة الشحنة كما الحال فى الأراضى الرملية. ولذلك يفقد البورون من التربة عن طريق الغسيل بسهولة وعلى هذا فإن طريقة الغسيل تكون أحد الطرق الشائعة لإزالة البورون الزائد من التربة وتتروواح الكمية من البورون فى الأراضى من ٢٠ إلى ٢٠٠ جزء/ مليون، بينما الكمية الميسرة لامتصاص النبات فى المحلول الأرضى تتراوح بين واحد إلى ٥ أجزاء/ مليون.

ويلاحـــظ أن الحد الفاصل ضيق بين نقص البـــورون وسميته. حيث تعتبر التربة تعانى من نقص البورون الميسر إذا احتوى مستخلص الماء الساخن لها على أقل من جزء واحد/ مليون بينما تحدث السمية عند مستويات من البورون المستخلصة أعلى من ٥ أجزاء/ مليون.

عنصر الكلورين Chlorine:

• مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:

لم تثبت ضروريـــة الكلورين للنبات حتى منتصف عام ١٩٥٠ ويمتصه النباتات على صورة أيون احادى التكافؤ (Cl^-) وقد لوحظ ظهور أعراض الذبول على النباتات عند نقصه حيث يؤثر على الضغط الأسموزى للخلايا وتؤدى زيادته إلى زيادة جهد المـــاء فى الأوراق والضغــط الأسموزى فى الخلايا ويقوم الكلوريـــن بالوظائف التالية فى النبات:

- يلعب دورا هاما فى تجميع الأكسجين فى عملية التمثيل الضوئى.
- يزيـــد من الضغط الأسمـــوزى للخلايا تحت ظروف الرطوبة ممـــا يؤدى إلى زيادة المقاومة للأمراض. وقد وجد قله إصابة الأوراق بالأمراض عند اســتخدام الكلوريد أو سماد كلوريد الأمونيوم عن اســـتخدام سمـــاد كبريتات الأمونيوم وكذلك أمكن عـــلاج مرض صدأ الســـاق فى القمـــح Spot disease بإضافة كلوريد البوتاســيوم للنباتات.
- يساعد على التبكير فى النضج حيث وجد أنه بإضافة الكلوريد قلت الفترة اللازمة لنضج محاصيل الحبوب الصغيرة.
- يعمل على تنظيم فتح وقفل الثغور كما أنه يزيد من التأدرت لأنسجة النبات.

• محتوى النباتات الراقية من الكلورين Plant content:

يتراوح محتوى المادة الجافة للأوراق من عنصر الكلورين من أجزاء منخفضة/ مليون (٢٠ جزء/ المليون) إلى تركيزات مئوية. فإنه من الشائع وجوده بتركيزات تتراوح بين ٠,٢ – ٢٪ من مادة النبات الجافة ولكن فى حالة المحاصيل الحساســة للتركيزات المرتفعـــة منـــه يحدث نقص فى المحصول وتقل جودته إذا احتوت أنســجتها على

تركيز يتراوح من ٠,٥ – ٢٪ ويحدث نقص الكلورين فى القمح عندما تحتوى النباتات على مستويات منه أقل من ٠,١٥٪ وجديرا بالذكر أن عنصر الكلورين ينتقل بسرعة داخل أنسجة النبات.

● علاقة عنصر الكلورين ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) Interactions:

تنافس أنيون الكلورين (Cl^-) مع الأنيونات الأخرى مثل النترات (NO_3^-) والكبريتات (SO_4^{-2}) .

● الصور الذائبة فى النبات Soluble forms:

يوجد الكلورين فى النبات على صورة أنيون كلوين (Cl^-) ذائبة .

● أعراض نقص الكلورين على النباتات الراقية Deficiency symptoms:

النباتات التى تعانى من نقص الكلورين يظهر عليها اصفرار الأوراق الصغيرة ويحدث ذبول النبات. وفى حالة القمح فإن نقص الكلورين يسبب عنه مرض disease infestation.

● أعراض زيادة عنصر الكلورين على النباتات الراقية Symptoms of excess:

تؤدى زيادة عنصر الكلورين إلى الإضرار بالنباتات تتمثل فى المظاهر التالية :

- اصفرار الأوراق حديثة النضج واحتراق قمم الأوراق.
- احتراق حواف الأوراق وتتقطع ويظهر عليها اللون البرونزى.
- تقل مقاومة النبات للعوامل الجوية.
- تتأثر نوعية وجودة ثمار البطاطا Sweet potatos.

وتعتبر نباتات التوباكو وبعض البقوليات من المحاصيل الحساسة لزيادة الكلورين حيث تصبح الأوراق سميكة نتيجة تجمع الكلورين بها.

● صور الكلورين الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

الصورة الذائبة فى المحلول الأرضى هى أنيونات الكلورين (Cl^-) .

عنصر النحاس Copper:

- **مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:**

عنصـر النحاس من العناصر الغذائية الصغـرى Micronutrient ويقوم بالوظائف التالية داخل النبات:

- ضرورى لتكوين بروتين الكلوروبلاستيدات وجزىء الكلوروفيل.
- له دور فى عملية بناء البروتينات والكربوهيدرات.
- لـه دور غير مباشـر فى تكوين العقد الجذرية بعمليـة تثبيت النتروجين الجوى Nitrogen Fixation:
- يدخل فى تركيب أنزيمات السيتوكروم أكسيديز Sytochrome Oxidase والإسكوربك أسـيد أوكسـيديز Ascorbic Acid Oxidase والبولى فينول أوكسيديز Polypoenol Oxidase وهى التى تقوم باختزال كل من ذرات وجزيئات الأكسجين O_2.

- **محتوى النباتات الراقية من عنصر النحاس Plant content:**

يتراوح محتوى المادة الجافة للأوراق من عنصر النحاس بين ٣- ٧ جزء/ مليون. بينما حدود السمية تبدأ عند ٢٠ إلى ٣٠ جزء/ مليون وتستطيع النباتات أن تتحمل تركيزات من النحاس تتراوح بين ٢٠ إلى ٢٠٠ جزء/ مليون فى حالة إضافة النحاس على صورة المبيدات الفطرية Fungicides.

- **علاقـة عنصـر النحـاس ببعـض العناصـر الأخـرى (التفاعـلات) Interactions:**

يحـدث أن يتداخل عنصر النحاس مع تمثيـل الحديد داخل النبات وينتج عن ذلـك ظهور أعراض نقص الحديد. وأما فى حالة تفاعله مع عنصر الموليبدنيوم فإنه قد يحدث تَدَاخُل النحاس مع الأنزيمات التى تقوم بعملية اختزال النترات.

- **أعراض نقص النحاس على النباتات الراقية Deficiency Symptoms:**
(انظر ملزمة الألوان)

- خفض معدل نمو النباتات.

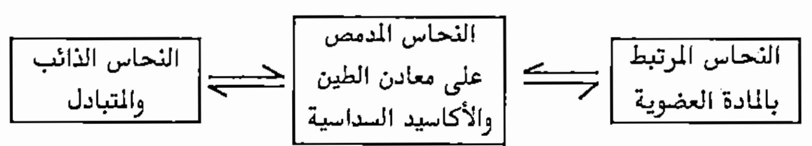
- تظهر الأوراق الخضراء باللون الأصفر ثم ينتشر اللون الأصفر على كل النبات.
- بزيادة النقص تموت أنسجة النبات من القمة إلى حواف الأوراق.
- تتحطم الأنسجة العليا والقمم فى محاصيل الحبوب الصغيرة.
- يظهر النقص فى محاصيل الخضر على الأوراق وعلى الأزهار.

● **أعـراض زيادة عنصـر النحاس على النباتات الراقيـة Symptoms of excess:**

- تشـجع زيادة عنصر النحاس على حدوث نقص فى الحديد الذى يظهر على صورة مرض الاصفرار Chlorosis.
- يقلل من نمو وتكوين الجذور.

● **صور النحاس الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:**

النحـاس الموجود فـى الصورة ثنائية التكافؤ Cu^{+2} سـواء كانـت ذائبة فى المحلول الأرضى أم متبادلة هى الميسرة لامتصاص النبات وكذلك صورة معقدات غير عضوية مثل $CuOH^{+}$ أو عضويـة مع الأحماض العضوية. ويوجد معظـم النحاس فى التربة على صورة معقـدات عضوية مع أحماض الهيوميـك والفالفيك بينما يكون تركيز الصورة الذائبة فى المحلول الأرضى قليلة جدا وخصوصا فى الأراضى الجيرية القاعدية ويرجع ذلك لارتفاع رقـم pH الأرض ويصاحـب كل ارتفاع فى pH الأرض مقداره وحدة واحدة انخفاض فى تركيـز النحـاس بمقدار مائة مـرة ويتحكم فى تركيز النحـاس الذائب فى الأرض صور النحاس الأخرى وخاصة النحاس المدمص على الطين والأكاسـيد السداسـية والنحاس المرتبط بالمادة العضوية حيث يوجد اتزان ما بين هذه الصور الثلاثة كما يلى:



فإذا انخفض تركيز النحاس الذائب فى المحلول الأرضى نتيجة امتصاص جذور النباتـات له فإن جزءا من النحاس الموجود فـى الصور الأخرى ينطلق إلى المحلول الأرضى ليعوض الانخفاض فى التركيز ويزيد تركيزه مرة أخرى فى المحلول الأرضى. ويحدث العكس فى حالة إضافة مركبات نحاس ذائبة فى التربة.

عنصر الحديد Iron:

• مدى احتياج النبات له ووظائفه Requieremnts & Functions:

من العناصر الغذائية الضرورية الصغرى Micronutrients ويقوم بالوظائف التالية:

- يدخل فى تركيب العديد من النظم الأنزيمية مثل السيتوكروم Cytochrome.
- لـــه علاقــة بأنزيمات البيروكســيديز Peroxidase ولهذا فهــو ضرورى فى بعض عمليات التنفس.
- مكون لمركب البروتين فيريدوكسين Protein Ferredoxin.
- يلعب دورا هاما فى عمليات الأكسدة والاختزال.
- يساعد فى اختزال النترات والكبريتات.
- يدخــل فــى المــواد الخلبيــة وله دور فــى تمثيــل النيتروجين داخــل النبات N Assimilation.
- له علاقة بتكوين الكلوروفيل ويعمل كعامل مساعد للأنزيمات المتحكمة فى تكوين هذه المادة.
- يساعد على عملية تمثيل البروتين.
- يساعد على تكوين النموات الميرستيمية فى قمم الجذور.
- ضرورى للتحولات الأنزيمية.

• محتوى النباتات الراقية من عنصر الحديد Plant content:

تختلــف النباتات فيما بينها فى قدرتها على امتصــاص الحديد من الأرض ويوجد هذا الاختلاف حتى بين الأصناف التابعة للنوع النباتى الواحد. وقد لوحظ ذلك فى كل مــن الذرة وفول الصويا والفول الســودانى والطماطم. حيث قد يكون هناك صنف معين قادراً على امتصاص كميات كبيرة من الحديد مما يسد احتياجه من العنصر بينما يعانى صنف آخر ينمو فى نفس الأرض من الاصفرار لعدم قدرته على امتصاص الحديد بكفاءة كبيرة ويبدو أن عملية امتصاص الحديد بواســطة الجذور وترحيله إلى الأجزاء الهوائية فى النبات محكومة بالعوامل الوراثية له. وتســتطيع النباتات ذات الكفاءة العالية فى امتصاص الحديد أن تغير الظروف البيئية فى الأرض وتزيد من تيسر الحديد بالتربة.

يتراوح تركيز الحديد فى المادة الجافة للأوراق من ١٠ إلى ١٠٠٠ جزء/ مليون وتتراوح مدى الكفاية من ٥٠ إلى ٧٥ جزء/ مليون مع أن الكمية الكلية لا تعبر عن الكفاية منه حيث إن معظم الحديد فى النبات يوجد على الصورة غير النشطة وهى الحديديك (Fe^{+3}) متمثلة فى مركب فوسفوبروتين الحديد Ferric phosphoprotein بينما الصورة النشطة للحديد (Active ion) داخل النبات توجد على صورة أيونات الحديدوز (Fe^{+2}) Ferrous.

● وسائل زيادة صلاحية الحديد فى الأرض بواسطة بعض النباتات:

- إفراز أيونات الهيدروجين من الجذر مما يؤدى إلى ذوبان الحديد حوله.
- إفراز الجذر لمواد مختزلة تختزل الحديد وتزيد ذوبانه.
- زيادة تركيز الأحماض العضوية فى الجذور وخاصة حامض الستريك.
- ترحيل الحديد من الجذر إلى الساق بسرعة.
- قلة تراكم الفوسفور فى الجذور والسيقان حتى إذا كان تركيز الفوسفور عاليا فى وسط النمو.

● أعراض نقص الحديد على النباتات الراقية Deficiency symptoms: (انظر ملزمة الألوان)

- تظهر الأوراق الحديثة صفراء اللون وهذا ما يسمى بمرض الاصفرار Chlorosis وهو من أهم أعراض نقص عنصر الحديد على النباتات وبزيادة النقص فإن مرض الاصفرار قد يمتد إلى الأوراق المسنة.
- عند اشتداد نقص الحديد تموت حواف الأوراق ونهاية الفُرَيْعَات ومن الجدير بالذكر أن نقص الحديد يحدث على النباتات النامية فى الأراضى الجيرية والقلوية على الرغم من وجود الفوسفات بمستويات مرتفعة وغالبا تعانى أشجار الفاكهة النامية فى أراضى جيرية من نقص الحديد.

● وتقسم النباتات من حيث شدة تأثرها بنقص الحديد إلى:

- نباتات حساسة : مثل الموالح– العنب– الفول– الطماطم.
- نباتات متوسطة الحساسية : مثل الشعير– القمح– الذرة– القطن– برسيم حجازى– الخضراوات.

- نباتات منخفضة الحساسية: مثل التفاح- البطاطس- بنجر السكر.

● أعـراض زيادة عنصـر الحديد على النباتات الراقيـة Symptoms of excess:

تتحمل النباتات تراكم تركيزات من الحديد تصل إلى عدة مئات من أجزاء/ مليون دون أن تظهر أعراض السـمية عليها. وعمومًا فإن وجوده بتركيزات مرتفعة تسـبب ظهور أعراض السمية على النباتات والتى تتمثل فى ظهور الأوراق باللون البرونزى مع وجود بقع بنية خفيفة. وغالبا ما تظهر أعراض السـمية بعنصر الحديد بوضوح على نباتات الأرز.

● علاقة الحديد ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) Interactions:

- يقلل المحتوى المرتفع من عنصر الفوسفور داخل االنبات من ذوبان الحديد. وتعتبر النسبة ٢٩ : ١ هى النسبة المتوسطة بين الفوسفور: الحديد فى معظم المحاصيل.
- يشـجع عنصر البوتاسيوم حركة وذوبان الحديد فى النبات بينما يحدث العكس مع عنصر النتروجين الذى يشـجع النمو الخضـرى وبالتالى تظهر أعراض نقص الحديد على النباتات (Dillution effect) .
- أنيـون البيكربونات يؤثر على انتقال الحديد داخل النبات وغالبا ما يحدث هذا فـى الأراضى الجيرية والتى تحتوى على تركيز مرتفع من كربونات الكالسـيوم والتى تعطى عند تفاعلها مع ثانى أكسيد الكربون أيون البيكربونات كما يلى:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca^{++} + 2HCO_3^-$$

ويؤدى ارتفاع تركيز أيون البيكربونات فى الأرض إلى زيادة امتصاصها بواسـطة الجذور مما يرفع pH النسـيج النباتى الذى يتبعه ترسـيب الحديد فى الجذور فلا يتم ترحيله للأوراق.

● الصور الذائبة من الحديد فى النبات Soluble forms:

تعتـبر كمية أيون الحديدوز (Fe^{+2}) المسـتخلصة بمحلـول حامض الخليك ٢٪ أفضل الطرق التى تعبر عن حالة الحديد Iron status بينما استخدام الكمية الكلية Total iron لا يعبر عن حالته.

- **صور الحديد الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:**

علـى الرغـم من أن كمية الحديد الكلية فى الأراضى كبيرة إلا أن معظم الأراضى تحتـوى على تركيز منخفض جدا من الحديد الذائب فى المحلول الأرضى، ويوجد الحديـد الذائب فى التربة على عدة صور تشـمل أيونـات الحديديك الثلاثية Fe^{+3} وأيونات الحديـدوز الثنائية التكافؤ Fe^{+2} ومعقدات الحديد $Fe(OH)^{++}$ كذلك يوجد الحديد الذائـب على صورة معقدات مع المواد العضوية الذائبة. ومن الجدير بالذكر أن خفض كل من رقم pH التربة وجهد الأكسدة والاختزال تؤدى إلى سيادة أيونات الحديـدوز Fe^{+2} فـى المحلول الأرضـى وعلى هذا فالجـذور التى لها القـدرة على إنتاج أحماض تسـاعد على خفض رقـم الـ pH فى منطقة الريزوسـفير تؤدى إلى انطلاق الحديد من المركبات المعقدة فى صورة ميسرة لامتصاص النبات.

عنصر المنجنيز Manganese

- **مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions:**

المنجنيز من العناصر الغذائية الضرورية الصغرى Micronutrients ويقوم بالوظائف التالية:

- يدخـل فى عمليات الأكسـدة والاختـزال عن طريق نقـل الالكترونات فى نظام التمثيل الضوئى.
- عامل مساعد للعديد من الأنزيمات.
- له علاقة بتكوين جزىء الكلوروفيل.
- مرتبط بتكوين بعض الأحماض الأمينية والبروتينات.

- **محتوى النباتات الراقية من المنجنيز Plant contents:**

إذا احتـوت المادة الجافة لـلأوراق الناضجة على تركيز من المنجنيز يتراوح من ١٠ إلى ٥٠ جزءا/ مليون فإن هذا يعتبر كافيا لمعظم النباتات. وقد تصل مستويات المنجنيز فـى الأنسـجة النباتية إلى ٢٠٠ جزء/ مليـون أو أكثر دون أن يلاحـظ على النباتات أعراض السمية ويختلف هذا بالنسبة للمحاصيل المختلفة فلا تظهر أعراض السمية على النباتات التالية إذا احتوت أنسجتها على التركيزات من المنجنيز كما فى الجدول:

المحصول	أقصى تركيز من المنجنيز فى أنسجة النبات دون ظهور أعراض السمية جزء/ مليون
فول الصويا Soyabean	٦٠٠
القطن Cotton	٧٠٠
البطاطا Sweet Potatoes	١٣٨٠

• علاقة المنجنيز ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) Interactions:

لم تثبت حتى الآن أن عنصر المنجنيز يتداخل مع تمثيل أو امتصاص أى من العناصر الغذائية الأخرى الضرورية.

• أعراض نقص المنجنيز على النباتات الراقية Deficiency symptoms: (انظر ملزمة الألوان)

- ضعف فى نمو النبات.
- يظهر الاصفرار على الأوراق حديثة النمو.
- تكوُّن بقع رمادية اللون على الأوراق السفلية.
- تبقع الأوراق ببقع مبعثرة تشبه فى شكلها وتوزيعها رقعة الشطرنج.
- قد تتساقط الأوراق وكذلك الأزهار فى حالة النقص الشديد.

وتظهر أعراض نقص المنجنيز دائما على النباتات النامية فى الأراضى القاعدية ذات الـ pH المرتفع مثل الأراضى الجيرية وكذلك الأراضى ذات المحتوى العالى من المادة العضوية حيث تكون مع المنجنيز مركبات غير ذائبة تقلل من تيسره للنبات. هذا بالإضافة إلى أن الأراضى الرملية تكون فقيرة المحتوى من المنجنيز الذائب. وتختلف النباتات فيما بينها بالنسبة لحساسيتها لنقص المنجنيز ويمكن تقسيمها كما فى الجدول التالى:

النباتات	درجة الحساسية لنقص المنجنيز
موالح- خوخ- فول- فول صويا- قمح- بسلة- بطاطس	نباتات عالية الحساسية
ذرة- برسيم- بنجر سكر- طماطم	نباتات متوسطة الحساسية
القطن	نباتات ذات حساسية منخفضة

وتستنزف النباتات كمية من المنجنيز تتراوح ما بين ٠,٢٥- ٠,٥ كجم/ فدان ويمكن علاج نقص المنجنيز فى النباتات عن طريق إضافة الأسمدة المحتوية عليه:

• أعراض زيادة عنصر المنجنيز على النباتات الراقية Symptoms of excess:

زيادة المنجنيز فى وسط النمو تسبب عادة تسمم النبات وتظهر عليه الأعراض التالية:

١ - تظهر على الأوراق المسنة بقع بنية اللون محاطة بمنطقة صفراء على شكل دائرى.

٢ - تظهر بقع سوداء اللون Black specks على ثمار الفاكهة ذات النواة الحجرية.

• صور المنجنيز الميسرة للنبات فى التربة Available forms:

يوجد المنجنيز فى المحلول الأرضى Soil Solution على صورة كاتيونات ثنائية Mn^{+2} ورباعية التكافؤ Mn^{+4} وأيضا يوجد على صورة متبادلة على سطح غرويات التربة ويتأثر تيسر المنجنيز بدرجة كبيرة على رقم pH التربة حيث ينخفض التيسر بزيادة رقم pH التربة.

عنصر الموليبدنيوم Molybdenum:

• احتياج النبات له ووظائفه Requirements & Functions:

هو عنصر من العناصر الغذائية الصغرى الضرورية للنبات Micrountrients ويقوم بالوظائف التالية داخل النبات:

- يدخل فى تركيب اثنين من النظم الأنزيمية الهامة وهى النتروجنيز Nitrogensase واختــزال النــترات Nitrate reductase الضروريــة فى عملية اختــزال النترات إلى نشادر.
- له علاقة بتكوين حامض الإسكوربيك Ascorbic acid فى النبات.
- لا يمكن للبكتريا المثبتة للنتروجين الجوى من نوع الأزوتوباكيز Azotobacter أن تثبت النتروجين فى عدم وجود عنصر الموليبدنيوم وهذا دليل على أن العنصر له علاقة بالنظام الأنزيمى الذى يثبت النتروجين لهذه البكتريا.

• محتوى النباتات الراقية من الموليبدنيوم Plant content:

عادة يقل محتوى المادة الجافة للورقة من الموليبدنيوم عن جزء واحد/ مليون ويعزى هذا إلى المحتوى المنخفض جدا من الموليبدات فى المحلول الأرضى. وعادة تحتوى النباتات على تركيز من الموليبدنيوم يتراوح من ٠,٣٤ إلى ١,٥ جزء/ مليون.

• علاقة الموليبدنيوم ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) :Interaction

يزداد امتصاص الموليبدنيوم فى حالة استخدام النترات كمصدر للنتروجين وعموما فإن عنصرى الفوسفور والمغنسيوم يشجعان على الامتصاص ولهذا فإضافة أملاح الموليبدنيوم عند نقصه بالتربة مخلوطة بالسوبر فوسفات يشجع على امتصاص العنصرين وهى تعتبر طريقة سهلة لإضافة Mo بكميات قليلة إلى التربة بينما يقلل أنيون الكبريتات من امتصاص النبات للموليبدنيوم حيث يوجد تنافس بين أيون الكبريتات والموليبدات ولذلك فإن الهدف من إضافة الجبس الزراعى $CaSO_4, 2H_2O$ إلى الأراضى القلوية والتى يزداد فيها تركز الموليبدنيوم الميسر لامتصاص النبات إلى حد السمية هو:

- توفير أيون الكبريتات الذى يتنافس مع أيون الموليبدات من حيث امتصاص النبات لهما.
- خفض رقم الـ pH مما يقلل من تيسير الموليبدنيوم للنبات.

قد يستخدم الكبريت أو الأسمدة التى تخفض من رقم pH التربة لنفس الهدف.

• أعـراض نقـص المولیبدنیـوم علـى النباتـات الراقیـة Deficiency symptoms :

تظهـر أعراض نقص الموليبدنيوم علـى النباتات النامية فى الأراضى الحامضية، ويلاحظ أن أكثر المحاصيل حساسـية لنقصه هى المحاصيل البقولية التى تحتاجه فى عملية تثبيت النتروجين الجوى وتتلخص أعراض نقصه فيما يلى:

- تتركـز أعراض نقصه على الأوراق الحديثة الغضة فتصبح الأوراق فى شـكل غير منتظم.
- ظهور بقع محترقة على الورق بين العروق.
- التفاف الأوراق وضعف الإزهار.
- حدوث مرض whip tail فى نبات الكرنب والقُنَّبيط وفيه لا ينمو للأوراق أى نصل بل يتكون العرق الأوسط للورقة فقط معطية مظهر الذيل أو الكرباج حيث إن لها احتياجات عالية من هذا العنصر.

هذا ويعالج نقص الموليبدنيوم عن طريق رش النباتات بمحلول موليبدات الصوديوم أو الأمونيوم مخفف جدا.

• أعراض زيادة الموليبدنيوم على النباتات الراقية Symptoms of excess:

إن المحتـوى العالى من الموليبدنيوم عادة لا يؤثر على النباتات ولكن قد يسـبب تراكمـه فـى النباتات بتركيزات تصل ٥ أجزاء/ مليـون موليبدنيوم أو أكثر حدوث تسمم للحيوانات التى تتغَّذى عليها، كما يحدث فى بعض المراعى التى تنمو تحت الظروف شديد القلوية.

• صورة الموليبدنيوم الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

ويوجـد الموليبدنيـوم الذائب فى المحلول الأرضى على صـورة أنيون الموليبدات ($HMoO_4^-$) و MoO_4^- وتزداد الصورة ثنائية التكافؤ بارتفاع الـ pH حيث يزداد تيسره فـى التربة عشـرة أضعاف لكل زيادة فى رقـم pH الأرض مقدارها الوحدة. وتركيز الموليبدنيـوم الذائـب فى الأرض منخفض جدا حيث يـتراوح ما بين ٢ –٨ أجزاء/ المليون ويتأثر تركيز الموليبدنيوم الذائب بكثير من العوامل أهمها:

- قوام الأرض.
- **محتوى الأرض من الطين والأكاسيد السداسية:** حيث يدمص بقوة على سطوح الطين والأكاسيد السداسية ويصبح على صورة غير قابلة للتبادل. وهناك تشابه بين ادمصاص الفوسفات وأنيونات الموليبدات حيث تحل أنيونات MoO^{-}_4 محل مجاميع (OH) على سطح الطين أو الأكاسيد السداسية والتفاعل التالى يوضح ذلك:

$$\text{soil}\left]\begin{matrix}OH\\ \\OH\end{matrix}\right. + MoO_4^{=} \rightleftharpoons \text{soil}\left] MoO_4 \right. + 2OH^{-}$$

والتفاعل السابق يزداد بانخفاض رقم pH الأرض، وجدير بالذكر أن الموليبدات تأتى بعد الفوسفات من حيث قوة أو ادمصاصها على سطوح الطين.

- رقم PH الأرض: على عكس باقى المغذيات الصغرى يزداد تيسر عنصر الموليبدنيوم للنبات كلما ارتفع رقم PH التربة والسبب فى ذلك أنه تحت ظروف القلوية يقل تثبيت الموليبدات بالادمصاص على سطوح الطين والأكاسيد السداسية. أما فى الأراضى الحامضية فيقل ذوبانه نتيجة لتكوين مركبات غير ذائبة مع الحديد وقد وجد أن إضافة الجير إلى الأراضى الحامضية يؤدى إلى زيادة تيسره للنباتات، حيث تقوم مجاميع الأيدروكسيل بالإحلال محل الموليبدنيوم المدمص على سطوح التربة وتحويله إلى صورة ذائبة فى المحلول.

عنصر الزنك Zinc

- **مدى احتياج النبات له ووظائفه Requirement & Functions**

الزنك من العناصر الغذائية الضرورية الصغرى Micronutrients ويقوم بالوظائف التالية داخل النبات:

- يؤثر على نشاط هرمونات النمو فى النبات.

- يدخل ضمن العناصر المكونة لأنزيم كربونيك انهدريز carbonic anhydease والذى يؤدى إلى هدم حامض الكربونيك إلى ثانى أكسيد الكربون CO_2 وماء H_2O.
- له علاقة بتكوين الكلوروفيل.
- يتحكم إلى حد ما فى كمية الماء التى يمتصها النبات وذلك لأنه يؤدى إلى تكوين إندول أستيك أسيد Indole acetic acid الذى يزيد من امتصاص الماء.
- ضرورى لتكوين الحامض الأمينى تربتوفان Tryptophane والذى ينشأ من الهرمون النباتى أندول أستيك أسيد Indole acetic acid.

● محتوى النباتات الراقية من الزنك Plant content:

تتراوح الكمية الكافية لمحتوى المادة الجافة للأوراق كاملة النضج ما بين ١٥ إلى ٥٠ جزءا/ مليون إلا أنه فى بعض النباتات لا يظهر عليها أعراض النقص إذا احتوت على تركيز من الزنك أقل من ١٢ جزءا / مليون. ومن الجدير بالذكر أن كميات صغيرة من الزنك قد تصل أقل من ١ إلى ٢ جزء / مليون ربما تكون كافية لتفصل بين حد النقص والكفاية للزنك فى النبات. وهناك بعض النباتات تستطيع أن تجمع كميات من الزنك تصل لعدة مئات من الأجزاء / مليون دون أن يؤثر بالضرر على تلك النباتات.

● علاقة عنصر الزنك ببعض العناصر الأخرى (التفاعلات) Interactions:

- أثبت العديد من الدراسات أن زيادة عنصر الفوسفور فى التربة عن طريق إضافة الأسمدة الفوسفاتية تقلل من تيسر عنصر الزنك فى الأراضى. والسبب فى هذه الظاهرة غير واضح تمامًا حيث يرى البعض أن التركيز العالى من الفوسفور الذائب قد يؤدى إلى ترسيب الزنك على صورة فوسفات زنك مما يتبعه انخفاض تركيز الزنك الذائب. ويعارض البعض هذا التفسير لتأثير الفوسفات على تيسر الزنك وذلك لأن فوسفات الزنك قابلة للذوبان بدرجة متوسطة قد تكون أكبر من ذوبان فوسفات الكالسيوم ذاتها، ويميل بعض العلماء إلى إرجاع السبب فى التأثير السلبى للفوسفات بدرجة كبيرة إلى التأثير الفسيولوجى المتبادل بين الفوسفور والزنك داخل النبات وليس فى التربة.

- زيادة الزنك فى التربة تقلل من امتصاص جذور النبات لعنصر المنجنيز.
- تقلل كربونات الكالسيوم من ذوبان الزنك وتحوله إلى صورة كربونات زنك ($ZnCO_3$) قليلة الذوبان.

• أعراض نقص الزنك على النباتات الراقية Deficiency symptoms:

- تظهر أعراض نقص الزنك على النبات فى صورة اصفرار بين العروق للأوراق الحديثة وإذا زاد النقص يمتد الاصفرار إلى العروق ذاتها.
- يقل طول السلاميات وقد تميل الأوراق للتغلظ.
- يصغر حجم الأوراق وتستطيل الورقة.
- بشدة النقص تموت الأوراق وتسقط من على النبات.
- تتجمع الأوراق الطرفية حول بعضها مكونة ما يشبه الوردة (يظهر مرض التورد على البراعم (Rosetting) وقد يموت البرعم الطرفى.
- فى حالة أوراق الحمضيات يصبح ملمسها زيتيا وتموت أطراف بعض الأغصان.
- سقوط الثمار وانخفاض المحصول.

وعموما فإن النباتات تختلف فيما بينها من حيث درجة حساسيتها لنقص الزنك فى وسط النمو ويمكن تقسيم النباتات تبعا لدرجة حساسيتها للزنك إلى:

درجة الحساسية لنقص الزنك	النباتات
نباتات حساسة لنقص الزنك	الذرة - الفول البلدى - فول الصويا عباد رب الشمس - الأرز - الكتان- العنب - الموالح- الحلويات - البكان.
نباتات متوسطة الحساسية للزنك	البرسيم الحجازى - البرسيم - الذرة الرفيعة- القطن - حشيشة السودان - البطاطس - بنجر السكر - الطماطم.
نباتات غير حساسة للزنك.	البسلة.

• أعــراض زيــادة عنصر الزنك على النباتات الراقيــة Symptoms of excess:

تظهر النباتات الحساسة صفراء اللون.

• صورة الزنك الميسرة للنبات فى التربة Available soil forms:

- يوجــد الزنك الميســر لامتصــاص النبات على عدة صور مثل الصــورة الذائبة فى المحلــول الأرضـــى إما على صــورة كاتيون ثنائى التكافــؤ Zn^{+2} وإما على صورة معقدات غير عضوية أو عضوية ذائبة وينخفض تركيز الزنك الذائب فى المحلول الأرضى كثيرا فى الأراضى الجيرية والقاعدية.
- كذلك يوجد الزنك الميســر على الصورة المتبادلة Exchangeable وفيها يوجد على صورة متبادلة على سطوح غرويات التربة المعدنية والعضوية وذلك إما على صورة كاتيون ثنائى التكافؤ Zn^{+2} وإما على صورة معقدات أحادية التكافؤ مثل $ZnOH^{+}$ و $Zncl^{+}$.
- معقدات عضوية ذائبة Organically conplexed zinc.

* ويتأثر تيسر الزنك فى التربة بعدة عوامل منها:

١ – **رقم pH التربة:** يقل ذوبان الزنك ويترســب على صورة أيدروكســيدات زنك $Zn\ (OH)_2$ وكربونات زنك قليلة الذوبان $Zn\ CO_3$ فى الأراضى القلوية والجيرية.

٢– **محتوى التربة من الطين والأكاسيد السداسية:** حيث يدمص الزنك على سطح تلــك الغرويــات على صورة غير قابلة للتبادل تقلل مــن تركيز الزنك الذائب فى المحلول الأرضى.

٣ – **المادة العضوية:** قد يكون دورها إيجابيا أو سلبيا على تيسر الزنك حيث تكون معه معقدات عضوية ذائبــة مثل الأحماض العضوية ذات الوزن الجزئى الصغير أو يكون تأثيرها سلبيًا حيث تكون المركبات العضوية ذات الوزن الجزئى الكبير مثل اللجنين معقدات غير ذائبة (تثبت الزنك على صورة غير ميسرة للنبات) .

٤ – **غمــر الأراضــى بالماء:** تظهر أعــراض نقص عنصر الزنك علــى نباتات الأرز المزروعة فى ظروف الغمر ويرجع البعض السـبب فى ذلك إلى نقص تيسر الزنك نتيجة لترســيبه على صورة معدن كبريتور الزنك (ZnS) أو الفرانكلينيت $ZnFe_2O_4$ القليلــة الذوبــان ولهذا ينصح بــرش نباتات الأرز بمحلول مــن كبريتات الزنك لتعويض نقصه تحت ظروف الغمر هذه.

٥ – **محتوى الفوسفور فى التربة :** حيث يقل تيسر الزنك بارتفاع تركيز الفوسفور الميسر فى التربة (انظر علاقة الزنك بالعناصر الأخرى) .



الباب الخامس

أسس تقدير الاحتياجات السمادية للنباتات الراقية

تعتبر إضافة الأسمدة- عند زراعة المحاصيل المختلفة بالكميات الكافية لسد احتياجات تلك المحاصيل وبصورة متوازنة بين العناصر- من أهم مقومات الحصول على المحصول الاقتصادى ولذا لا بد وأن يوضع فى الاعتبار بعض النقاط عند تحديد الاحتياجات السمادية منها:

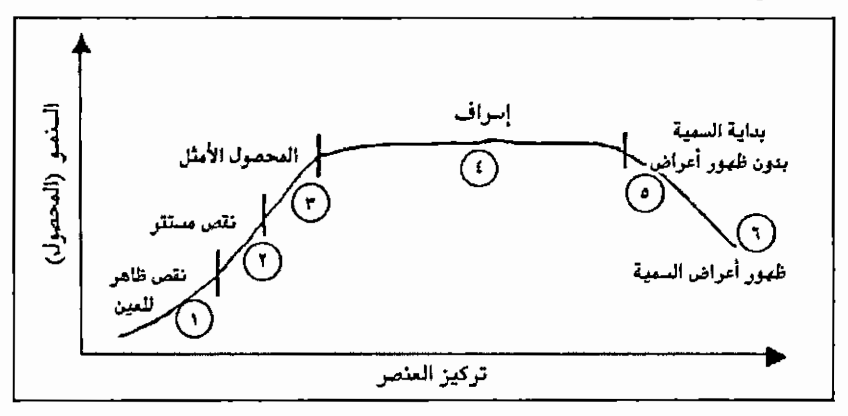
- احتياجات المحصول المنزرع من العناصر المختلفة.
- العوامل البيئية السائدة فى المنطقة.
- المعاملات الزراعية المختلفة.
- حالة خصوبة التربة وقدرتها على إمداد المحصول بالكميات المطلوبة من كل عنصر فى الوقت المناسب وتتلخص الأسس التى يقوم عليها تقدير حاجة المحصول للتسميد فيما يلى:
- الأعراض الظاهرية لنقص العناصر.
- اختبارات التربة.
- تحليل النبات.

أولاً: الأعراض الظاهرية لنقص العناصر:

يمكن استخدام الأعراض الظاهرية لنقص العناصر على الأوراق لتحديد حاجة المحصول للتسميد، وعلى الرغم من أهمية التشخيص الظاهرى للتعرف على الحالة الغذائية للنباتات فى المزرعة، إلا أنه لا يمكن الاعتماد على هذه الطريقة فقط فى تحديد الاحتياجات السمادية للأسباب التالية:

- تشابه أعراض نقص بعض العناصر على النباتات.

- فـى المحاصيـل قصيرة العمر تظهـر أعراض نقص العناصر فـى مراحل متأخرة يصعـب خلالها معالجتها بإجراء عمليات التسـميد اللازمة لفوات الأوان وقرب انتهاء عمر النبات.
- التشابه الذى يحدث فى حالة النقص الحقيقى والنقص الناتج عن عوامل أخرى مثـل زيادة محتـوى الرطوبة بالتربـة أو الحالات المرضية فيكـون من الصعوبة التفرقة بينها.
- وجـود حالات نقص للعناصر لا تؤدى بالضـرورة إلى ظهور أعراض ظاهرية على النباتات مثل النقص المسـتتر- ويوضح الشـكل البيانى التالى وجود ست مراحل لمستوى أداء العنصر تبعًا لتركيزه داخل النبات.



شكل (١٠) العلاقة بين تركيز العنصر داخل النبات ومستوى الأداء الوظيفى له

ومن الرسـم البيانى يمكن تحديد ست مراحل لمستوى أداء العنصر داخل النبات تبعًا لتركيزه كما يلى: (شكل ١٠)

- **المرحلة الأولى (نقص ظاهر للعين)** : تظهر أعراض نقص ظاهرية على النبات يمكن رؤيتها بالعين المجردة وتؤدى هذه الظاهرة إلى نقص فى المحصول وانخفاضه.
- **المرحلة الثانية (نقص مسـتتر للعنصر)** : ولا يمكن ملاحظته بالعين المجردة ولكن يمكن التعرف عليه بإجراء التحليل الكيمياوى للنبات. ويؤدى إلى نقص المحصول.

- **المرحلة الثالثة (مظهر عام جيد للنبات)**: وهى مرحلة المحصول الأمثل نتيجة الإمداد الجيد من مختلف العناصر وكذلك التسميد المتوازن..
- **المرحلة الرابعة (مرحلة الإسـراف فى إضافة العناصـر)**: حيث يكون النمو جيدًا ولكن أية إضافة للأسمدة لا يقابلها زيادة فى المحصول وبالتالى تعتبر إسرافًا.
- **المرحلة الخامسة (بداية السمية)**: وتحدث نتيجة زيادة تركيز بعض العناصر داخل النبات الأمر الذى يؤثر على نقص المحصول دون ظهور أعراض السمية.
- **المرحلة السادسة (ظهور أعراض السمية)**: حيث يؤدى تركيز العنصر الزائد فى هذه الحالة إلى ظهور أعراض السمية على النباتات يمكن رؤيتها بالعين المجردة وينخفض المحصول.

ومن الجدير بالذكر أن المراحل من ٢- ٥ لا ترى بالعين المجردة ولا يتم اكتشافها إلا بإجـراء التحليل الكيميـاوى للنباتات، ولهذا يجب على المـزارع لكى يتعرف علـى الحالة الغذائية لمحصوله بصـورة متكاملة أن يقوم بإجراء التحليل الكيمياوى للنباتات إلى جانب استخدام الأعراض الظاهرية وذلك حتى يمكنه أن يضبط عمليات التسميد الخاصة بالمحصول الذى يزرعه.

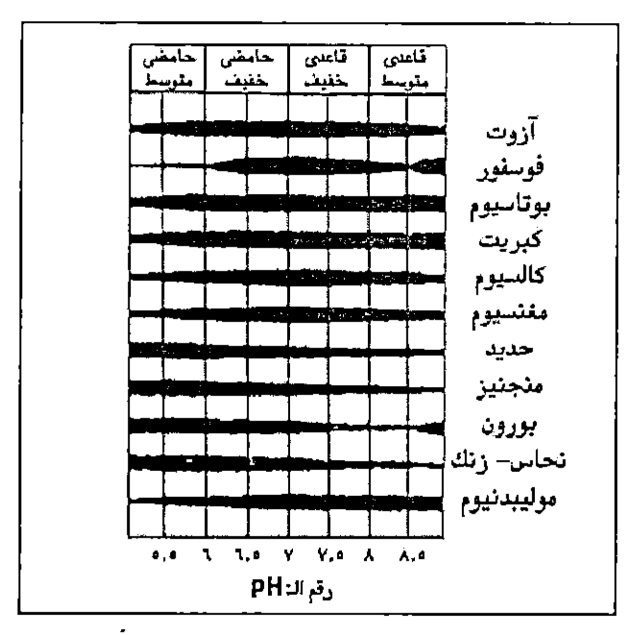
ويجـب على القائم بمتابعة أعـراض نقص العنصر فى الحقل أن يضع فى اعتباره أنه قد يظهر نقص عنصر واحد بوضوح فى حين اختفاء أعراض نقص بعض العناصر الأخـرى .. الأمر الذى يجعل الاعتماد على أعراض النقص الظاهرية فقط فى تحديد الاحتياجات السمادية للنباتات غير مجدٍ. وقد أثبتت الدراسات العديدة التى تناولت حالـة العناصر الصغرى فى مصر أن معظم المحاصيل تعانى من نقص عناصر الحديد والمنجنيـز والزنك وأحياناً النحاس ويتوقف أعراض نقص أحد هذه العناصر فى حقل ما على نوع التربة والمحصول واحتياجاته من كل عنصر. وعموما تظهر أعراض نقص العناصر على النباتات نتيجة أحد الأسباب التالية:

- فقـر التربة فى محتواها مـن الكمية الكلية من العنصر لسـد احتياجات النبات وهو ما يعرف بالنقص الحقيقى.
- عدم استطاعة النبات الاستفادة من العنصر فى التربة بالرغم من وجوده بكمية كافية، أى إن الكميات الصالحة لامتصاص النبات أقل من احتياجاته نتيجة لوجود بعض العوامل الأرضية التى تقلل من تيسر العنصر وهو ما يعرف بالنقص البيئى.

وفيما يلى اســتعراض لبعض العوامل التى تؤدى إلى ظهور أعراض نقص العناصر على النباتات النامية :

١ - درجة حموضة التربة (pH) :

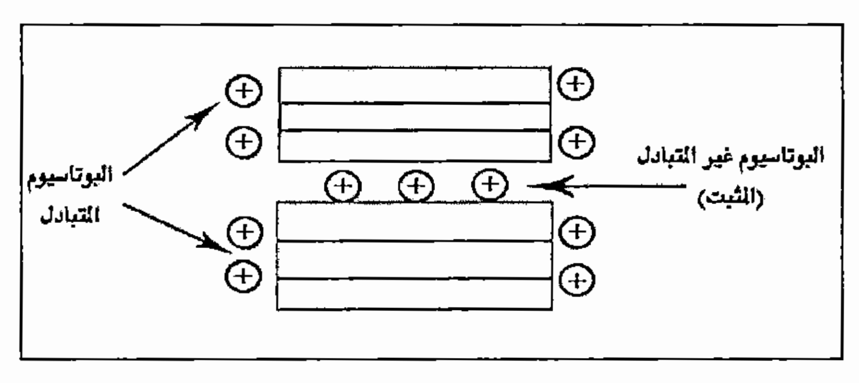
لكل عنصر رقم pH أمثل لتيســره فى التربة ، وكلما كان مناسـبًا زادت الكمية الميسرة من العنصر للنبات ، ويؤدى ارتفاع رقم pH الأرض إلى أكثر من ٧ إلى ظهور أعراض نقص العناصــر مثل الحديد والزنك والمنجنيز ويلاحظ أن معظم الأراضى المصرية ، يرتفع فيها رقم الـ pH عن ٧ وبالتالى غالبًا ما يظهر أعراض نقص تلك العناصــر على النباتات النامية عليها، أما عنصر الموليبدنيوم فهو العنصر الوحيد الذى يزداد تيسره مع ارتفاع رقم pH التربة ويوضح الشكل (١١) رقم pH التربة الأمثل لامتصاص العناصر الغذائية.



شكل (١١): تأثير رقم الأس الأيدروجينى (رقم الـ pH) للتربة على صلاحية العناصر المغذية للامتصاص

٢ – كمية الطين بالتربة:

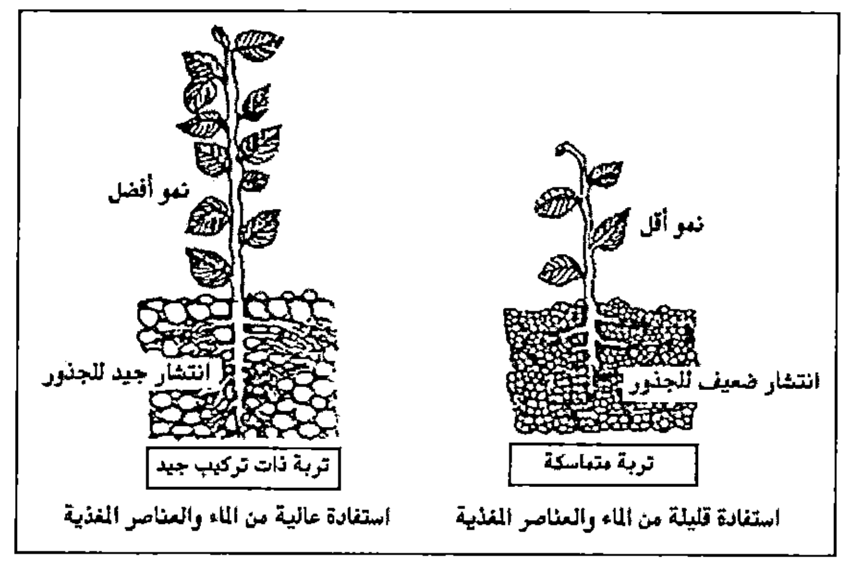
بزيادة نسبة الطين بالتربة تزداد الكمية المدمصة من عنصر البوتاسيوم على سطح حبيبات الطين الغروية مع زيادة الكمية المثبتة بين معادن طين ٢ : ١ (مثل الايليت) وبالتالى تقل الاستفادة من البوتاسيوم الموجودة بالتربة ويتطلب هذا زيادة الكمية المضافة من البوتاسيوم على صورة سماد لسد احتياجات النبات منه.



شكل (١٢) يوضح البوتاسيوم غير المتبادل (المثبت) بين طبقات معادن الطين

٣– بناء التربة:

يؤدى زيادة تماسك التربة إلى قلة انتشار الجذور بها وتقل قدرتها على امتصاص العناصر الغذائية فى التربة. بينما فى حالة الأراضى قليلة التماسك يزداد معدل فقد العناصر عن طريق الغسيل إلى أسفل منطقة الجذور. ويوضح الشكل (١٣) ذلك التأثير.

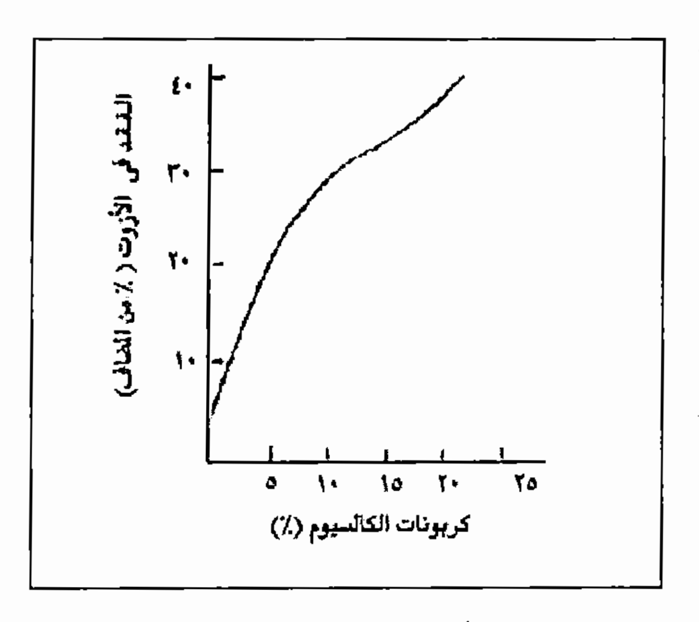


شكل (١٣): تأثير تماسك التربة على نمو الجذور وامتصاص الماء والعناصر المغذية

٤ – نسبة كربونات الكالسيوم فى التربة:

تؤدى النسب المنخفضة من كربونات الكالسيوم إلى أثر جيد على خواص التربة بينما تؤدى زيادة محتوى التربة منها– وخصوصًا فى الأراضى الجيرية– إلى ظهور مشاكل من أهمها تقليل تيسر بعض العناصر الغذائية الكبرى (نيتروجين وفوسفور) والعناصر الصغرى (حديد – زنك ومنجنين) وبالتالى يقل امتصاصها بواسطة النبات. كما تقلل أيضا من كفاءة الأسمدة المضافة بل يزيد الأمر تعقيدًا نتيجة تأثيرها على زيادة فقد النيتروجين النشادرى من سماد سلفات النشادر المضافة إلى الأراضى الجيرية ويوضح الشكل التالى.. تأثير محتوى التربة من كربونات الكالسيوم على فقد النيتروجين النشادرى من سماد سلفات النشادر المضافة.

وغالباً ماتظهر أعراض نقص العناصر على النباتات النامية فى الأراضى الجيرية لذا تحتاج مثل تلك الحالات إلى وضع برنامج تسميدى خاص بها.



منحنى يوضح تأثير محتوى التربة من كربونات الكالسيوم
على فقد النتروجين النشادرى من سماد سلفات النشادر

٥- ملوحة التربة:

يجب إدخال هذا العامل فى الاعتبار حيث تؤثر الملوحة على الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى مما يؤدى إلى عدم قدرة جذور النباتات على امتصاص العناصر الغذائية والماء من التربة بالرغم من تيسر تلك العناصر. هذا بالإضافة إلى اختلاف احتياج النباتات للتسميد باختلاف درجات ملوحة التربة ونوعية الأملاح السائدة بها. وعند حساب الاحتياجات السمادية لمحصول ما يجب وضع هذا العامل فى الاعتبار.

٦- الصنف المنزرع:

من المعروف أن المحاصيل المختلفة تتباين فى احتياجاتها الغذائية. فالاحتياجات الغذائية للذرة الشامية تختلف عن القمح وتلك تختلف عن القطن وهكذا. بل أكثر من ذلك فقد وجد أن أصناف المحصول الواحد تختلف فى قدرتها على الاستفادة من العناصر الموجودة بالتربة. وتلاحظ هذه الظاهرة على الأصناف المختلفة من

الطماطم والبسلة وفول الصويا والفراولة، فقد وجد ظهور أعراض نقص العناصر على صنف من تلك المحاصيل ولا تظهر على الصنف الآخر بالرغم من زراعة كلا الصنفين على نفس التربة.

٧ - مرحلة النضج:

من المفروض ظهور أوراق النباتات فى حالة صحية جيدة خلال مراحل النضج المختلفة. ولكن فى بعض الأحيان تظهر أعراض نقص العناصر على بعض المحاصيل عند اقترابها من مرحلة النضج، ويعتقد المزارعون خطأ أن هذه الأعراض من علامات النضج ولكن فى الحقيقة أن هذه الأعراض ماهى إلا دليل واضح على عدم كفاية العناصر لسد احتياجات المحصول الأمر الذى يؤدى إلى خفض فى المحصول.

• العوامل الواجب دراستها عند استخدام طريقة التشخيص الظاهرى لنقص العناصر الغذائية على النباتات الراقية

وسوف نستعرض أهم العوامل الواجب دراستها عند التشخيص الظاهرى للحالة الغذائية للنبات للتفرقة بين احتمالات أعراض سوء التغذية (نقص أو زيادة) والاحتمالات الأخرى التى تؤثر على الشكل الظاهرى للنبات. ومن هذه العوامل:

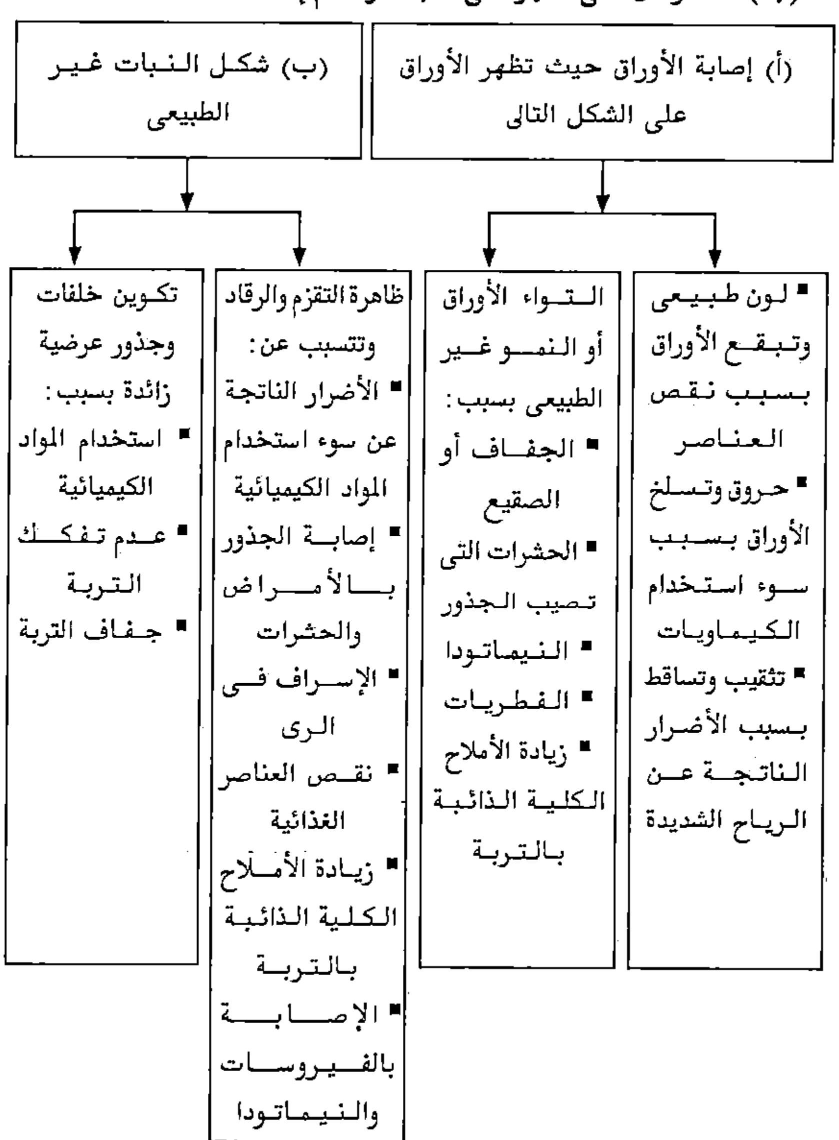
(أ) ظروف الزراعة:

- يجب معرفة المحاصيل السابقة والأصناف المنزرعة منها.
- يجب معرفة المعاملات السابقة مثل خدمة المحصول - الأسمدة التى أضيفت - المبيدات المضافة.
- العوامل البيئية والتى تشمل خصوبة التربة - درجة حرارة التربة - درجة حرارة الجو.
- توزيع الأعراض غير الطبيعية (الحالة العامة للنباتات فى الحقل - الأعراض الظاهرية العامة - الأعراض الظاهرية على الأوراق) .

(ب) : الأعراض الأخرى بالمزرعة: وتقسم إلى :



(جـ): الأعراض التى تظهر على النبات وتقسم إلى :



ثانياً: استخدام اختبارات التربة المعملية لتقدير الاحتياجات السمادية للنباتات الراقية

المقصود باختبارات التربة هو تقدير خواص التربة الطبيعية والكيميائية ومحتواها من العناصر الغذائية. ويمكن عن طريق تلك التقديرات إجراء حسابات تقريبية لتقدير الكميات الميسرة من العناصر المغذية فى منطقة الجذور Root Zone والتى يمكن أن يمتصها النبات والتعرف على خواص التربة التى تؤثر على درجة تيسر العناصر بها مثل رقم الـ pH ونسبة الطين وكربونات الكالسيوم بها وملوحة التربة ... وغيرها.

ولكى نستخدم طريقة اختبارات التربة لتحديد التوصيات السمادية يجب أن نراعى الدقة فى أخذ عينة تربة ممثلة لأرض المزرعة تمثيلاً جيداً نظراً لاختلاف خواص التربة من منطقة إلى أخرى ويقع عدد كبير من القائمين على أخذ عينات التربة فى خطأ نتيجة لعدم الاهتمام باتباع الإرشادات بدقة للحصول على عينة ممثلة للتربة نتيجة لعدم تدريبهم بدرجة كافية أو لتساهلهم عند أخذ عينة التربة.

ويمكن استخدام طريقة اختبارات التربة المعملية لإعطاء فكرة عن حالة العناصر الغذائية الكبرى والصغرى فى التربة من حيث تيسرها لامتصاص النبات كأحد الأسس التى يمكن الاعتماد عليها لوضع التوصيات السمادية إلى جانب استخدام الأعراض الظاهرية لنقص العناصر وتحليل النبات. وهناك بعض النقاط التى يجب مراعاتها عند إجراء اختبارات التربة مثل:

- يجب أخذ عينات التربة قبل التسميد لتجنب تأثير السماد المضاف على تقدير كمية العناصر الميسرة التى تم استخلاصها باختبار التربة.
- تؤخذ عينة التربة من منطقة انتشار الشعيرات الجذرية Root Zone.
- عدم استخدام أدوات تسبب تلوث العينة مع تجنب أسباب التلوث أثناء نقل أو إعداد العينة للتحليل.
- توحيد طرق القياس والتقدير فى المعامل المختلفة لسهولة مقارنة القيم المتحصل عليها من الكميات المستخلصة من العناصر الغذائية من التربة.

– اســتخدام عينــات اختبار قياســية Reference Samples دوريــاً معروف بها قيم العناصر الميسرة وذلك للتأكد من الأرقام المتحصل عليها.

ومن الجدير بالذكر أنه تحت ظروف التربة بالمناطق الجافة وشــبه الجافة والتى منهــا الأراضى المصرية توجد بعض العوامل التى تؤثر على تيســر العناصر الغذائية وامتصاصهــا بواســطة النبات وكذلك على قيم الكميات الميســرة التى نســتخلصها بواسطة اختبارات التربة نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلى:

– ارتفاع نسبة كربونات الكالسيوم.
– نسبة الطين٪ .
– ملوحة التربة.
– ظروف الأكسدة والاختزال.
– المادة العضوية٪ .

وللاســتفادة من اختبارات التربة كاملاً يجب أن تؤخذ فى الاعتبار بعض النقاط حتــى يمكن تحويل الأرقــام المتحصل عليها من نتائج تحليــل التربة إلى توصيات سمادية مثل:

– التعرف على الصفات الوراثية للأصناف المنزرعة واحتياجاتها الغذائية وذلك من أجل وضع توصية سمادية سليمة.
– مراعــاة الدقة عند إجراء تحليل التربة وعمل تحليلات مقارنة دورياً باســتخدام العينات القياسية Reference Samples .
– توفــر المعلومــات الكافية لعمــل ارتباط بين نتائج تحليل التربــة والإنتاج الفعلى المتحصل عليه والاحتياجات السمادية المقترحة للحصول على هذا الإنتاج.

والنقاط السابقة تنطبق على عناصر المغذيات الكبرى والصغرى من حيث الكميات الميســرة فى التربــة المتحصل عليها من نتائج اختبــارات التربة إلا أن هناك بعض النقاط الواجب وضعها فى الاعتبار عند دراسة كميات المغذيات الصغرى المستخلصة بأحد اختبارات التربة وهى:

– لا يعتمــد عليها بنفس الدرجة كما فى حالة المغذيات الكبرى لكنها تعطى إشــارة للحالة السائدة للعناصر الصغرى فى التربة خاصة بالنسبة إلى حالات النقص.

- حتى يمكن الاستفادة التامة من أرقام اختبارات التربة المتحصل عليها لابد من وجود أرقام يتم تحديدها محلياً توضح الحد بين النقص والكفاية من العناصر الصغرى لكل محصول على حدة وأيضاً لكل صنف.
- لا تظهر حالات نقص العناصر الصغرى غير الحقيقى.
- صعوبة التقديرات والحسابات اللازمة للتعرف على حالة النقص بالمقارنة عما فى حالة العناصر الكبرى.

وتتميز طريقة اختبارات التربة (التحليل العملى للتربة) أنها تعطى معلومات سريعة عن مدى كفاية العناصر الغذائية الموجودة بالتربة لسد احتياجات النبات لإنتاج أعلى محصول. وبالرغم من هذا فإنه فى حالة عناصر المغذيات الصغرى لا يمكن الاعتماد على تحليل التربة فقط. لذلك فإن اختبارات التربة للعناصر الغذائية الصغرى تعطى فكرة عامة وتكون مفيدة جداً فى حالات وجود نقص واضح فى كميات العنصر المتاحة فى التربة، ولكن فى بعض الحالات قد يظهر اختبار التربة أرقاماً تدل على وجود العنصر بكمية كافية ولكن هذا لا يعنى بالضرورة توفر العنصر على صورة ميسرة لامتصاص النبات وسد احتياجات المحصول النامى.

والاتجاه الحديث لوضع توصيات سمادية على أسس مناسبة هو استخدام نتائج اختبارات التربة بالإضافة إلى تحليل النبات وأيضاً الاستفادة من الأعراض الظاهرية لنقص العناصر على النبات. وبناء على ذلك فإننا سوف نستعرض استخدام طريقة تحليل النبات.

ثالثاً : تحليل النبات Plant analysis

التحليل الكيمياوى للنباتات من الوسائل الفعالة التى تعطى نتائجها مؤشراً جيداً لمدى قدرة النبات على الاستفادة من العناصر الغذائية الميسرة فى التربة. ومن تحليل النبات يمكن تحديد مدى توفر العناصر من التربة لسد احتياجات المحصول النامى. فإذا كان العنصر موجوداً فى التربة فى صورة ميسرة لامتصاص النبات وبالقدر الكافى لسد احتياجاته منه مع توفر الظروف الأرضية الملائمة للامتصاص بكفاءة عالية فإن النبات

سـوف يحتوى على كميات مرتفعة من هذا العنصـر موزعة على أجزاء النبات المختلفة وبالتالى سـوف ينمو بطريقة جيدة. ولذلك تعتمد طريقة تحليل النبات على ماسبق ذكره حيـث إن تركيـز العنصر داخل النبات هـو انعكاس لحالة العنصر الميسـرة فى التربة وبالتـالى قـدرة التربة على إمداد النبات النامى باحتياجاتـه من العنصر من عدمه. وفى طريقـة تحليل النبات لابد من معرفة أرقام التركيزات الحرجة فى النبات لكل محصول وقد تم الاستدلال عليها من نتائج الأبحاث العديدة التى قام بها المهتمون بمجال تغذية النبـات حيث أوضحت تلك البحوث التى أجريت على العديد من المحاصيل أن تركيز العنصر الواحد تختلف فى أجزاء النبات المختلفة، فتركيز عنصر ما فى الجذور تختلف عنـه فى السـاق والأوراق وهكذا وبالتـالى كان من المهم عند وضـع التركيزات الحرجة للعناصر فى النبات أن نحدد الجزء النباتى الذى سوف يؤخذ للتحليل نتيجة لاختلاف محتـوى أجزاء النبات المختلفة من العنصر كما سـبق ذكـره. وعلى هذا يجب أن تتوفر الشروط التالية فى الجزء النباتى المناسب للتحليل Proper plant part :

١- الثبـات Stability : يجـب أن يظل تركيز العنصر ثابتا فى الجزء النباتى خلال فترة زمنية معينة حتى لايحدث أخطاء عند مقارنة تركيز العنصر محل الدراسـة فـى الجزء النباتى لعينات تم جمعهـا من أماكن مختلفة يصعب الحصول عليها فى نفس اليوم. وقد أثبتت البحوث العديدة أن شرط الثبات لتركيز العنصر لفترة زمنيـة معينة يتوفر فى الورقة حيث إن تركيـز العنصر بها أكثر ثباتاً من تركيز العنصر فى الساق أو سلميات الساق لأن الأخيرة عبارة عن قنوات توصيل العنصر من الجذور إلى الأوراق.

٢- الحساسـية Senestivity : ويتوفر هذا الشـرط أيضاً فى الورقة حيث إن الأوراق مخزن لتخزين العناصر الغذائية

ومما سبق يتضح أنه فى معظم المحاصيل تعتبر الأوراق هى الجزء النباتى المناسب أخذه لتحليل العناصر. ولكن يجب العلم بأهمية الوضع المورفولوجى للأوراق فيجب أن تكون موقعها على النبات يسـهل معه الحصـول على ذلك الجزء النباتى كاملاً فعلى سـبيل المثال لا الحصر تعتبر الورقة التى أسفل الكوز مناسبة لتحليل العناصر

فى حالة نبات الذرة الشامية وذلك لتوفر شرطى الثبات Stability والحساسية Senestivity السابق ذكرهما هذا بالإضافة إلى موقعهما المتميز على النبات والذى يسهل معه الحصول عليها كاملة.

الوقت المناسب لأخذ العينة النباتية للتحليل Proper time of analysis

وهناك عامل مهم يجب وضعه فى الاعتبار عند تحليل النبات وهو الوقت المناسب لأخذ العينة النباتية للتحليل. ويلاحظ أن اختيار فترة أخذ العينة للتحليل تعرف بأنها الفترة التى تتميز بسلوك عالٍ فى امتصاص النبات للعناصر وكذلك التى يزداد فيها معدل تكوين المادة الجافة فى النبات وغالباً ماتكون هذه الفترة فى مرحلة النمو الأعظم للنبات وهى تتميز بما يلى:

- يحدث خلالها أقصى امتصاص للعناصر من التربة.
- يحدث خلالها أقصى تخزين للعناصر وكذلك يزداد بها معدل التمثيل.
- وغالباً ما تكون فى بدء التزهير flowering وتكوين النورات.

وعند أخذ الجزء النباتى المناسب للتحليل فى الفترة المناسبة يتم تقدير تركيز العنصر به ثم يقارن بالتركيز الحرج داخل النبات فيمكن تفسير النتائج المتحصل عليها باستخدام الجداول المقارنة لتحديد مستوى العنصر بالنبات وبالتالى تقدير حاجته للتسميد بالعناصر المختلفة ويقسم المحتوى الكمى من العناصر فى الجزء النباتى المأخوذ للتحليل إلى:

- العنصر موجود بكمية قليلة جداً Very low.
- العنصر موجود بكمية قليلة Low.
- العنصر موجود بكمية كافية Sufficient.
- العنصر موجود بكمية عالية High.
- العنصر موجود بكمية عالية تصل لحد السمية (Very high (Toxic.

ومعنى وجود تركيز العنصر فى الجزء النباتى فى العينة يتبع الحد رقم ١ أو ٢ أن النبات يعانى من نقص العنصر بسبب عدم قدرة التربة على إمداده باحتياجاته منه ولهذا يجب إضافة العنصر على صورة سماد أو بمعنى آخر أن نمو النبات فى هذه الحالة يستجيب لإضافة العنصر على صورة سماد.

أمـا إذا كان تركيـز العنصر فى الجزء النباتى يقع فى الحد رقم ٣ فيعنى هذا أن التركيز كافٍ ولا يحتاج إلى إضافة هذا العنصر على صورة سماد أى إن كمية العنصر الميسرة بالتربة موجودة بالقدر الكافى لإمداد النبات باحتياجاته من هذا العنصر.

ويلاحظ فى الحد رقم ٥ أن تركيز العنصر فى النبات يصل إلى حد السـمية وهو يضـر بالنبات وتظهر على النباتات أعراض السـمية كما سـبق ذكره من قبل وهذا التأثير ناتج عن زيادة الكميات الميسـرة بالتربة مـن العنصر إلى حد كبير يؤدى إلى الإضـرار بالنباتات النامية وغالباً مايظهر حالات السـمية هذه فـى حالة العناصر الصغرى إذا مازادت كميته الميسرة فى التربة إلى حد يفوق احتياج النبات.

وتلاحـظ أعراض السـمية غالبـاً للعناصر الصغرى على النباتـات فى الأراضى الحامضية.

ومن الجدير بالذكر أن أهم مايجب مراعاته عند القيام بتحليل النبات مايلى:

- أخـذ العينة النباتية من الجزء المحدد من النبات وبالطريقة السـليمة وفى العمر الفسيولوجى المناسب لكل نبات. فعلى سبيل المثال فى حالة نبات الذرة الشامية فإن الجزء المناسـب للتحليل هو: ورقة الكوز Ear Leaf أو الورقة التى تعلوها أو التى أسـفلها نظراً لتوفر الشروط السابقة عليها حيث إنها أكثر حساسية وتركيز العنصر بها ثابت، بينما الوقت المناسب لأخذ الورقة هو فترة التزهير Flowering وهى تنحصر بين فترة خروج النورة المذكرة Tasseling وبداية خروج النورة المؤنثة (حريرة الكوز Silking).
- تجنـب أخـذ النباتات التى تبدو عليها نمو شـاذ فى الشـكل العـام فلا تؤخذ النباتات أو الأوراق المصابة بالحشرات أو الأمراض بأنواعها.
- استبعاد النباتات التى بجوار قنوات الرى أو المصارف والنامية على حواف الحقل.
- تجنـب تلوث العينـة بحبيبات التربة حتى لايتأثر محتـوى العينة النباتية من العناصر بتلك الموجودة فى التربة. فتلوث العينة النباتية بحبيبات التربة الجيرية يزيد محتواها من عنصر الكالسيوم أما تلوثها بحبيبات الطين فتزيد محتواها من عنصر الحديد، ولهذا يجب غسـل العينة جيداً فى المعمل وأن يتم الغسيل بالماء

المقطـر أو المعـاد تقطيره بعناية فائقة حتى يكون الرقم معـبراً عن كمية العناصر الموجودة داخل الخلايا فقط .

- تجنب اسـتخدام الأدوات المعدنية أو المطلية بالمعادن كالزنك والنحاس سواء عند أخذ أم إعداد العينة للتحليل.
- أخذ عدد كافٍ من النباتات او الأوراق حتى تكون ممثلة لحالة المزرعة.
- أن تكون العينة ممثلة لحالة النمو السائدة بالمزرعة.
- يجب نقل العينات للمعمل بسـرعة وفى نفس اليوم مع مراعاة الاحتياطات التى تقلل من تلفها أو فقد فى وزنها نتيجة التنفس أو زيادة النشـاط الإنزيمى وغالباً ماتنقل العينات فى ثلاجة صغيرة أو تكون السـيارة المسـتخدمة مكيفة لتجنب حدوث التغير فى التركيب الكيماوى للعينة.
- تؤخـذ العينة النباتية مع مراعاة أخذ عينـة التربة من منطقة جذور Root Zone النباتات التى أخذت منها العينة النباتية.

مزايا تحاليل النبات:

- تشخيص الحالة الغذائية للنبات أو تأكيد التشخيص الظاهرى (أعراض النقص) .
- التعرف إلى النقص المستتر.
- التعرف إلى الحالة الحقيقية لاستفادة النبات من العناصر المتاحة بالتربة.
- التعرف إلى التداخل والعلاقات بين العناصر المختلفة.
- متابعة حالة المحصول وكفاءة الاستفادة من السماد عاماً بعد عام.
- المساعدة فى التعرف إلى بعض المشاكل الأخرى.

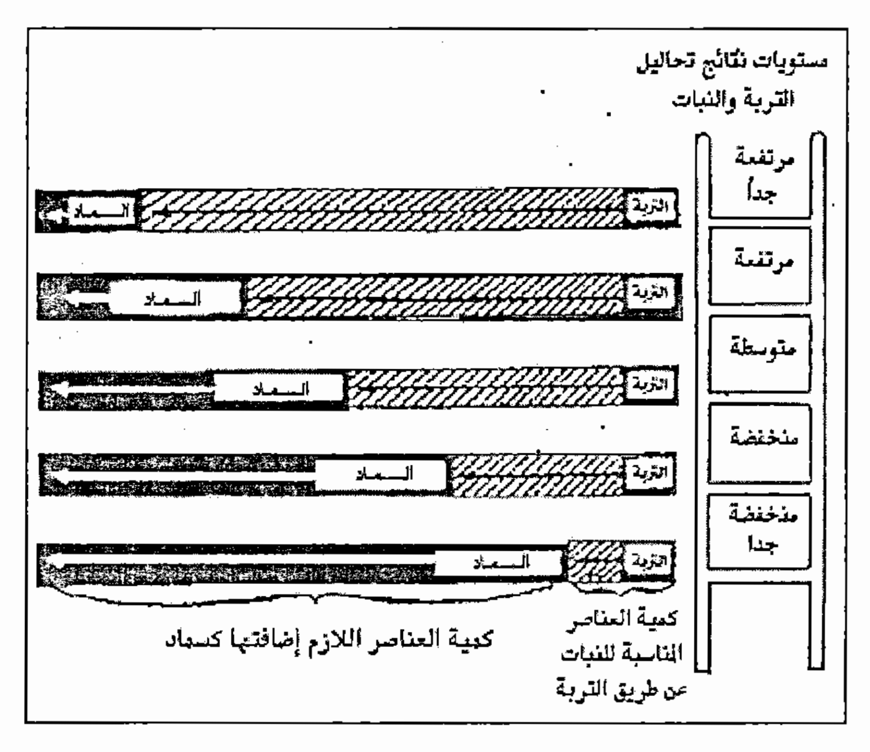
ومن عيوب الاعتماد على تحاليل النبات فقط:

- عدم التفرقة بين الصورة الفعالة وغير الفعالة للعناصر التى يكون لها صورتان فى النبات مثل الحديد.
- فى معظم المحاصيل الحولية يكون النبات (عند التحليل) فى عمر لايسمح بعلاج نقص العناصر.

– النباتـات ضعيفة النمو قليلة الإنتاج قد تحتـوى على العناصر بتركيزات مرتفعة نسـبيا، وأعلى من التركيزات الحدية (التى تعتبر متوسـطة) .. وهذا راجع إلى مايسمى بتأثير التخفيف، وفى هذه الحالة تشير نتائج التحاليل إلى أن النباتات فى حالة غذائية سليمة.

ولذلـك فـإن نتائج تحاليل النبات تعطى فكرة عمـا إذا كانت حالات النمو غير الطبيعية ناتجة عن نقص عنصر أو عدة عناصر– أو إلى عامل آخر من العوامل المؤثرة على النمو ولا ترجع إلى التسـميد – فعلى سـبيل المثال قلة امتصاص العناصر يمكن أن تكون لقلة تهوية التربة... وعلى العكس فإن وجود كمية رطوبة كافية فى التربة يؤدى إلى امتصاص كمية مناسبة من العناصر بواسطة الجذور.

وعمومـاً، فإن مسـتويات نتائج اختبارات التربة وتحاليـل النبات تعكس كمية العناصـر المتاحـة للنبات عن طريق التربة، وبالتالى تحديد الاحتياجات السـمادية اللازمة لإنتاج محصول محدد مسبقاً (شكل ١٤).



شكل (١٤) العلاقة بين مستويات نتائج اختبارات التربة وتحاليل النبات، وكمية العناصر اللازم إضافتها كسماد.

الباب السادس

أخذ العينات النباتية وإعدادها للتحليل

● **أخذ العينات النباتية Plant Tissue Sampling**

يتضمن هذا الباب شرحاً مفصلاً للطريقة المتبعة فى أخذ العينات النباتية مسترشداً بما نشره (Jones et al ١٩٧١) فى هذا المجال عن طريقة جمع العينات النباتية سواء من الحقل أم فى تجارب الأصص المقامة فى المعمل بغرض تقدير المحتوى العنصرى بها والأسس التى تتبع فى هذا المجال تضمن مراعاة النقاط التالية عند أخذ العينات النباتية الممثلة بطريقة سليمة للتحليل:

- اختيار الجزء النباتى المناسب للتحليل.
- وقت أخذ العينة النباتية (مرحلة النمو عند أخذ العينة) .
- عدد نباتات العينة اللازم أخذها لتمثيل المساحة المدروسة.
- تحليل العينات النباتية والحصول على النتائج المطلوبة.
- اختيار الطريقة الإحصائية المناسبة لتحليل النتائج المتحصل عليها.
- تفسير النتائج بناء على التحليل الإحصائى تفسيراً مقنعاً.

والأسس المتبعة فى أخذ العينة النباتية من حيث الجزء المناسب للتحليل ومرحلة النمو وتقارن نتيجة التحليل بالقيم الحرجة أو القياسية. ويمكن تقسيم التركيز المتحصل عليه من تركيز العنصر فى الجزء النباتى المأخوذ للتحليل فى الوقت المناسب إلى قيم منخفضة - متوسطة - كافية. وهو ما يسمى:

١ - القيم الحرجة Cirtical values وهى القيم التى تعطى لنا دلالة على أن تركيز العنصر قليل وقد تظهر على النباتات أعراض نقصه وبالتالى يتأثر المحصول بالنقصان إذا لم نعالج أو نُصحح هذا النقص بالتسميد بالعنصر بطريقة مناسبة.

٢ – مــدى الكفايــة Sufficiency range وهو التركيز مــن العنصر الذى يوجد داخل النبات. ويعتبر تركيز هذا العنصر كافيا للنبات ولا يحتاج إلى التسميد به.

وبالتالى يمكن باتباع الأسس السابقة أن نفسر نتائج تحليل النبات للعنصر إلى حد النقص أو الكفاية؛ وبالتالى وضع توصيات سمادية سليمة.

والجداول التى تفسر القيم التى أعطيت فى هذا الكتاب أخذت فى الاعتبار:

– الجزء النباتى المناسب والمأخوذ للتحليل Specfic Plant Part.

– الوقت المناسب للتحليل الذى أخذ فيه الجزء النباتى للتحليل Specfic time.

وتبعــاً لذلك فإن تحليل جزء نباتى آخــر، أو تحليل نفس الجزء النباتى والذى تم أخذه فى وقت آخر بخلاف الوقت الذى كتب فى الجداول. لا يمكن أن تفســر نتائجه باستخدام الجداول الموضحة فى الفصل الأخير من الكتاب.

● **ملحوظة مهمة:**

فى حالة عدم ذكر الجزء النباتى المناسب للتحليل أو إنها تكون غير معروفة لهذا النبات فإن القاعدة العامة هى اختيار الأوراق العليا كاملة النضج .

● **ما يجب مراعاته عند اختيار العينات النباتية:**

يجــب علــى القائم بجمــع العينــات النباتيــة المأخــوذة للتحليــل أن يراعى النقاط التالية:

– يجب استبعاد النباتات التى تم تسميدها بالعنصر محل الدراسة.

– استبعاد النباتات التى بها تلف ميكانيكى.

– استبعاد النباتات المصابة بإصابات حشرية أو بالأمراض.

– اســتبعاد النباتات الملوثة بالأتربة أو حبيبات التربة أو التى تم رشــها حديثاً إلا إذا كانت هذه المواد سهلة الإزالة.

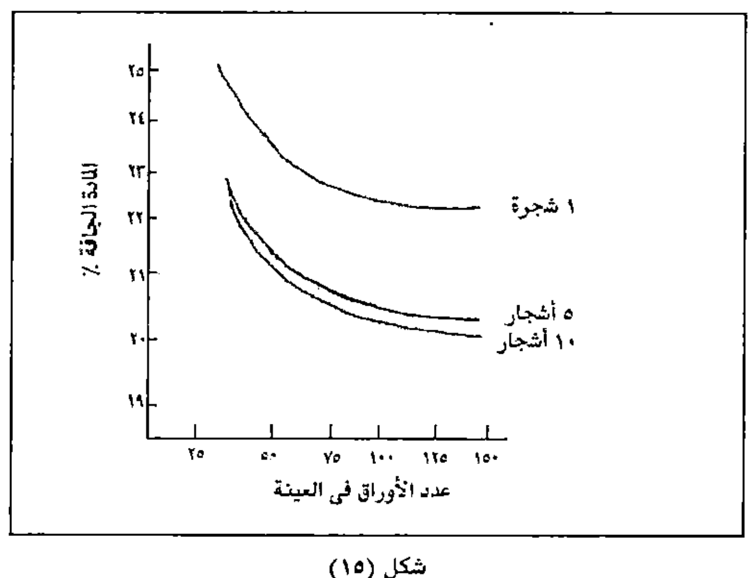
– تســتبعد أنســجة النبات غير الحية من العينة النباتيــة التى تم أخذها. ويجب الاهتمام عند أخذ العينة النباتية بالآتى:

(أ) اختيار الجزء النباتى الذى سيجمع للتحليل.

(ب) عدد النباتات التى تؤخذ للحصول على العينات الممثلة Conposite samples.

(جـ) عدد المكررات التى تؤخذ من العينة النباتية حتى تكون العينة ممثلة تمثيلا تاماً ونستطيع أن نفسر النتائج على أساسها.

وقــد أوضــح العديد مــن الدراســات أن عــدد الأوراق المفردة أو عــدد النباتات المطلوب أخذها فى العينة مرتبطة مع الصفات المطلوب دراســتها كما هو موضح فى الشــكل (١٥) . هذا بالإضافة إلى أن العينــات المطلوبة تكون أكثر تعقيداً فى حالة الاختلاف الكبير فى صفات النباتات التى تأثرت بتلك الظروف.



شكل (١٥)

وبناء عليه فإنه يجب أخذ عينات أخرى أكثر كثافة بعدد أكبر من التى يوضحها المنحنى المرفق حتى يمكن أن يكون التحليل الإحصائى سليما.

ومن الشــكل البيانى (شــكل ١٥) يتضح أن الاختلاف كان أكثر معنوية تأثرا بعدد الأشــجار التى تم أخذها للعينة بدرجــة أكثر من تأثرها بعدد الأوراق التى تم جمعها من كل شجرة.

وعند دمج النباتات المأخوذة للعينة + عدد العينات التى تم تقديرها للنبات فإن الاختلاف ارتبط مع نتيجة التحليل النهائى.

وبالطبيعة فإن القيمة المتوسطة لنتائج تحليل العديد من العينات الشاملة تكون أكثر دقة من تحليل عينة مفردة معتمدين على عينة ممثلة واحدة والتى تحتوى على نفس العدد الكلى للعينات المفردة.

وعملية اختيار العينة الشاملة Composite sample للتحليل يكون من الأهمية لعدم تجانس توزيع العناصر الضرورية Esssential elements بين النباتات أو حتى بين أجزاء النبات الواحد.

وفى الأنسجة الناضجة للنبات يكون هناك تغيرات فى توزيع العناصر راجعة للأسباب التالية:

- انتقال العناصر الغذائية المتحركة Mobile elements من أنسجة النبات المسنة إلى الأنسجة حديثة النمو.
- تجمع للعناصر الغذائية غير المتحركة Non-mobile elements.
- انخفاض محتوى المادة الجافة. وعلى سبيل المثال فإن أحد علامات زيادة النضج هو زيادة تجميع Accumulation الكالسيوم و المغنيسيوم وانخفاض فى تركيز عنصر النيتروجين والفوسفور.
- وهناك عامل آخر يجب أن يؤخذ فى الاعتبار يؤثر أيضاً فى اختلاف تركيز العنصر الأول هو نسبة الأجزاء Relative proporation بين نصل الورقة leaf blade إلى midrib يؤثر على تركيز البوتاسيوم الموجود فى مساحة الورق كلها وبالمثل فإن نسبة الأجزاء Relative proporation بين نصل الورقة إلى حافتها تؤثر على محتوى عنصر البورون B والمنجنيز Mn فى كل الورقة حيث أوضح (jones, 1970) أن هذين العنصرين يتراكمان بتركيزات عالية فى حافة الورقة.

و بناء عليه مما تقدم من العلاقات السابقة فإنها سوف تؤثر على اختيار الجزء النباتى المناسب للتحليل (على سبيل المثال الورقة كاملة أو نصل الورقة– عنق الورقة... إلخ) ولذلك فإنه من الضرورى أن نختار الجزء النباتى الذى يتميز بوجود العنصر فيه بتركيز

مرتفع لمدة زمنية مناسبة يتسع للقائم بعملية أخذ العينات أن يجمع عيناته فى الزمن المناســب لذلك. وجدير بالذكر فإنه يجب توحيد الجزء النباتى المأخوذ لكل العينات المثلة حتى لا يحدث اختلاف فى تفسير النتائج المتحصل عليها.

ويوضــح جدول رقــم (١٢) مقارنة بين محتوى ورقة الكــوز الكاملة من العناصر ومحتوى أجزاء ورقة الكوز التى تم تقســيمها إلى أربعة أجزاء متســاوية فى الطول (Jones ,1970) .

العنصر	الورقة الكاملة	الأجزاء الأربعة المتساوية من ورقة الكوز			
		القمة	الوسط العلوى	الوسط السفلى	القاعدة
			%		
النتروجين (N)	٢,٩٣	٣,٢	٣,٦٥	٢,٧٥	١,٩٥
الفوسفور (P)	٠,٢٢	٠,٢٢	٠,٢٣	٠,٢٥	٠,١٨
البوتاسيوم (K)	١٠٢٢	١,٢٦	١,١٩	١,٤٤	١,٣٢
الكالسيوم (Ca)	٠,٤٨	٠,٧٥	٠,٥٨	٠,٤٨	٠,٣٥
المغنيسيوم (Mg)	٠,٣٩	٠,٤٠ ppm	٠,٤١	٠,٤٥	٠,٤٠
		ppm			
البورون (B)	١١	٢٥	١٤	٨	٦
النحاس (Cu)	٩	١٢	١٠	١٠	٨
الحديد (Fe)	٩٦	١١٠	١٠٢	٧٥	٥٧
المنجنيز (Mn)	٧٣	١٢٤	٧٩	٦٢	٤٩
الزنك (Zn)	٢٢	٣٠	٢٢	٢٢	١٨

إن أخــذ عينتين من مجموعتين مختلفتــين من النباتات بفرض المقارنة يكون من الصعوبــة وخصوصاً عندما يكون هناك بعض العوامــل التى أدت إلى اختلافات فى

مرحلـة النمو. وقد أوضـح (Jarrell & Beverly ,1981) عندمـا يكون هناك موقعان أو أكثـر على النباتـات تظهر اختلافات فى إمكانية عـدم كفاية العنصر فإن أخذ النســيج tissue بغرض المقارنة يكون مطلوبا ولكن ربما يكون من الصعوبة فى حالة تحليل الجزء النباتى نتيجة تأثير العنصر الغذائى على نمو النبات وتطوره.

ويجــب أن يؤخــذ فى الاعتبــار أن التركيز العنصرى ينســب إلى الوزن الجاف للنسيج النباتى Dry weight of plant tissue وعليه فإن أى عامل خارجى يؤثر على الوزن الجاف للنبات فإنه بالتبعية يؤثر على تركيز العنصرية به.

ولهذا فإن القائم على الدراسة يجب أن يراعى ما يلى :

- أن يكون حذراً بدرجة كبيرة ليتأكد تماماً من أنه قد جمع العينات الممثلة للموقع أو المساحة المدروسة لمثل هذه المقارنة.
- أن يضع فى اعتباره عند تفسير النتائج المتحصل عليها حالة النباتات وقت أخذ العينات.

وبالرغــم مــن أنه من الممكــن أن نحلل أى جزء نباتى أو حتــى كل النبات فإن أهمية نتائج هذا التحليل ربما تكون محدودة أو عديمة القيمة.. وعلى ســبيل المثال فإن تحليل الثمار والحبوب أو تحليل كل النبات أو أحد أجزائه فى مرحلة النضج أو عنــد الحصاد لا يمدنا عادة بمعلومات ذات أهمية للحالة الغذائية للنبات خلال أطوار النمو الأولى.

ومن الضرورى عند استخدام طريقة تحليل النبات أن نحصل على الجزء النباتى الــذى يحتــوى على تركيزات من العناصر التى يمكن أن تقارن لتفســير نتائج القيم المتحصل عليها بدقة.

ويجب على القائم بعملية أخذ الأنسجة النباتية أن يراعى النقاط التالية:

- تجنب تلوث العينات بالمواد الكيمائية أو تلوثها بالأدوات التى تؤخذ بها العينة أو الأوعية.
- مراعاة الظروف أثناء نقل العينات من الحقل إلى المعمل مثل درجة الحرارة وحالة الرطوبة فى الأنسجة النباتية نفسها.

- عدم استخدام أكياس بلاستيك عند نقل العينات النباتية الطازجة إلا فى حالة حفظها فقط عند خمس درجات مئوية.
- التجفيف فى الهواء كمرحلة أولى للأنسجة النباتية يقلل من الفقد فى الوزن الجاف للعينة.
- يجب السرعة فى نقل العينات النباتية إلى المعمل خلال ٢٤ ساعة من جمعها قدر الإمكان مع استخدام الطريقة المناسبة لتقليل الفقد فى الوزن الجاف.

• تحضير العينات النباتية وتحليلها Prepration & Analysis:

يعتبر اتباع الطرق المناسبة عند إعداد العينات النباتية بعد أخذها للتحليل المعملى من الأهمية بمكان للحصول على نتائج تحليل تعطى الصورة الحقيقية للتركيب العنصرى والكيمياوى للعينة النباتية. ولذا يجب على القائم بعملية إعداد العينة النباتية أن يراعى الدقة وأن يعتنى عناية فائقة عند إعداد العينة النباتية وتحضيرها فى المعمل بطريقة سليمة لتجهيزها للتحليل وإلا أصبحت النتائج المتحصل عليها عديمة القيمة ويضيع ماتم بذله من مجهود فى العمليات المختلفة.

وهناك شرطان أساسيان يجب أن يتوفرا عند إعداد العينة النباتية هما:

١ - يجب أن تكون العينة على صورة مناسبة للتحليل المعملى.

٢ - يجب أن تكون العينة متجانسة.

وعلى هذا يجب أن تكون العينة النباتية خالية تماماً من التلوث سواء بحبيبات التربة أو المواد الكيميائية أو الأتربة العالقة بها والتى تؤثر تأثيراً كبيراً على نتائج التحليل العنصرى للعينة النباتية. وكذلك فإن الطريقة المتبعة عند تجفيف العينات النباتية تكون من الأهمية بمكان نظراً لتأثيرها على نتائج التحليل المتحصل عليها.

• إزالة المواد الملوثة للعينة النباتية Decontamination:

تختلف درجة التأثير فى نتائج التحليل الكيميائى للعينات النباتية نتيجة تلوثها بحبيبات التربة وهذا يتوقف على :

- نوع العنصر المطلوب تقديره.
- نوع التربة النامية عليها النباتات.

وعلى هذا فإن تلوث العينات النباتية بحبيبات التربة الثقيلة يسبب خطأ كبيرا فى نتائج تحليل عنصرى الحديد و الألومنيوم بسبب كبر نسبتهما فيها بينما تلوث العينـات النباتية بحبيبات التربة الجيريـة يؤدى إلى أخطاء كبيرة فى نتائج تقدير عنصرى الكالسـيوم والمغنيسيوم. بينما تلوث العينات بحبيبات التربة الرملية يكون غـير مؤثر على نتائج العنصرين، وتزداد خطورة تلـوث العينات النباتية بحبيبات التربـة على نتائج العناصـر التى توجد بكميات ضئيلة فى النبات مثل البورون وقد يؤدى مثل هذا التلوث بحبيبات التربة إلى مضاعفة كميات ونسبة هذه العناصر عند تقديرها فى النبات.

• **التلوث بالأسمدة:**

وهنـاك مصدر آخـر لتلوث العينـات النباتية وهو التلوث نتيجـة لنثر الأسمدة التى على شـكل مسـحوق دقيق فى الحقل والنباتات قائمة كما فى حالة الأسمدة النتروجينية. وغالباً ماتلتصق هذه الأسمدة على الأوراق والسيقان أو عند أباط الأوراق. ومن الواجب أن تؤخذ العينة النباتية بعد مرور عدة أيام من إجراء عملية التسـميد هـذه حتى تذوب الأسمدة وتـزال من على النباتات بتأثير مـاء الندى الذى يغطى النباتات فى الصباح أو تصادف سقوط الأمطار فى المناطق الممطرة.

• **غسيل العينات النباتية**

وقـد أوضـح (Sonneveld & Van Dijk 1982) أنـه يجب غسـل سـطح الأوراق الطازجة للعينة النباتية بالغمس فى محلول تنظيف ٢٪ وذلك لإزالة ما يعلق بها من حبيبات التربة والأتربة حتى إذا لم تكن تلك الملوثات واضحة ومرئية. بينما غسيل العينات النباتية باسـتخدام الماء فقط او الأحماض المخففة لن يؤدى إلى إزالة معظم المواد الملوثة. وتتوقف سهولة إزالة الملوثات كلما كان سطح الورقة أملس ووجود طبقة شمعية على سطح الورقة تسهل من عملية إزالة الملوثات.

وتعتمـد قابليـة الأوراق للتنظيف بإزالة الملوثات على طبيعة الأوراق نفسـها من حيث اسـتواء سـطح الورقة وهـل هو أملس من عدمه وكذلك وجـود طبقة شمعية.

ويجب أن تتم عملية الغسيل بسرعة وبأقل تعرض لمحلول الغسيل حتى نتجنب فقد العناصر الذائبة كالبورون والبوتاسيوم من الأنسجة النباتية.

وأحياناً لا يلجأ القائم بالدراسة بغسيل النباتات بل يكتفى فقط بمسحها بقطعة من القطن المبللة بالماء حتى يسهل تنظيفها وتفادياً لفقد بعض المركبات المعدنية القابلة للذوبان فى الماء مما تؤثر على نتائج التحليل. ويمكن تلخيص تلك الحالات فيما يلى:

- التى لا يكون عنصرا الحديد والألومنيوم محل الدراسة.
- النباتات المعرضة لسقوط الأمطار فى المناطق المطرة.
- النباتات التى لا يتم رشها سواء للتسميد أم المقاومة.

وفى بعض الدراسات التى تهدف لدراسة تلوث النباتات القائمة فى الحقل بالملوثات عن طريق الهواء مثل عادم السيارات أو الأتربة... الخ فإنه فى هذه الحالة لا نقوم بعملية الغسيل هذه لأنها تقلل من الملوثات على الأوراق.

وفى دراسة أجراها المؤلف على تلوث البرسيم البلدى بعادم السيارات من على الطرق فى محافظة الفيوم فقد أخذت عينات ولم يتم غسيل أوراقها وعينات أخرى تم غسلها وكانت النتائج مختلفة تماماً فى الحالة الثانية وأقل فى تركيز الكادميوم والرصاص.

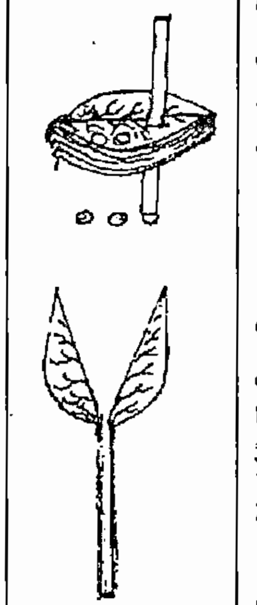
• معرفة تلوث العينات النباتية بالتربة والأتربة:

يمكن التعرف على تلوث العينات النباتية بالأتربة أو حبيبات التربة من عدمه للعينات النباتية التى تم غسلها والعينات الأخرى التىلم يتم تنظيفها وإزالة الأتربة وحبيبات التربة من على سطحها بدرجة كافية عن طريق تحليلها وملاحظة تركيزات عناصر الحديد و الألومنيوم والسليكون الموجودة فى الأنسجة فإذا كانت تركيزات كل من الحديد والألومنيوم أعلى من ١٠٠جزء/ مليون والسليكون أكبر من ١٪ فإن ذلك يؤكد أن العينة النباتية ما زالت ملوثة بالأتربة وحبيبات التربة.

وهناك طريقة أخرى اقترحها كل من شيرى وروبنسون(Cherny and Robinson وتعتمد على الكشف على عنصر التيتانيوم كدليل على تلوث العينات النباتية بحبيبات التربة والأتربة.

• تحضير العينات النباتية الطازجة وإعدادها للتجفيف فى الفرن : Oven Drying

- يجب أن تجرى عملية التحضير بسرعة خوفاً من أن تؤثر عمليات التنفس والنتح التى يواصل النبات القيام بها حتى بعد القطع بخمس ساعات وإن تؤدى إلى نقص ملحوظ فى المادة الجافة كما أن الإنزيمات تعمل على تحلل المواد البروتينية والكربوهيدراتية مما يؤدى إلى تغيير فى التركيب مثل هذه المواد العضوية للأنسجة النباتية.
- إما أن يعامل النبات كوحدة واحدة فى التقطيع والتجفيف والطحن وإما أن يقسم إلى أجزاء مختلفة تشمل كل جزء من أجزاء النبات على حدة. وعلى سبيل المثال يقسم نبات الذرة إلى الأوراق - السيقان - النورة المذكرة - النورة المؤنثة حسب ترتيب تكوين هذه الأعضاء على النبات.
- والهدف من دراسة أجزاء النبات المختلفة هو إعطاء صورة كافية عن عمليات انتقال العناصر المختلفة من جزء إلى آخر فى النبات أثناء فترات النمو المختلفة حيث تفيد فى إعطاء فكرة عن استعمال الأجزاء المختلفة للعينات اقتصاديا .



• تصغير العينة النباتية

عندما تكون العينات النباتية كبيرة الحجم والوزن فيجب على القائم بالدراسة أن يختصرها (وهو ما يسمى بتصغير العينة النباتية). حتى يسهل عملية تجفيفها وطحنها بشرط أن تكون العينة المصغرة هذه ممثلة تمثيلاً تاماً للعينة الكبيرة الأصلية، وتختلف طرق تصغير العينة النباتية حسب نوعها ولكن عادة يفضل:

- إذا كانت العينة أوراقا فقط فإنها توضع فوق بعضها

مرتبة فى طبقات بسمك يتراوح بين ٥ إلى ٧ سم ثم توضع فى صينية خشب وتقطع هذه الأوراق إلى حلقات تمثل جميع أجزاء الورقة قدر الإمكان بحيث تشمل أطراف وحواف ووسط وعروق الورقة وذلك باستخدام ثاقب فلين قطر ٢ سم.

- فى حالة العينات النباتية الكاملة بما عليها من أعضاء خضرية وزهرية أو ثمرية يقسم كل نبات على حدة طولياً بالنصف ثم يقسم نصف النبات بالنصف طولياً وهكذا حتى الحصول على الحجم المناسب من العينة المصغرة تبعا لنوع النبات ويجب خلط هذه الأحجام النباتية المتحصل عليها فى نهاية الخلط لتكون العينة الطازجة المراد الحصول عليها. وعند تعذر الاستمرار فى عملية قسم النباتات إلى نصفين فإنه يكتفى فقط بأول عملية تنصيف وتخلط للحصول على العينة الطازجة مع مراعاة ضرورة اختصار العينة بعد تجفيفها فى الفرن وطحنها وخلطها.

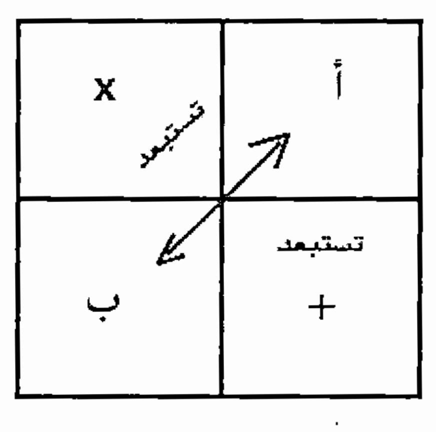
- **طريقة المربعين المتقابلين:**

للحصول على عينة متمثلة تقطع العينة النباتية قطعاً مناسبة ثم تفرد على قطعة مشمع نظيفة وتقسم إلى ٤ مربعات كما فى الشكل حيث يستبعد المربعان المتقابلان الموضحان بالعلامة ×. بينما نخلط العينة النباتية فى المربعين المتقابلين (أ) و (ب) ثم تفرد مرة أخرى وتكرر العملية حتى الحصول على الحجم المناسب لعينة النبات التى سوف يتم تحليلها .

تقطع العينة النباتية بعد تحضيرها إلى قطع صغيرة ثم توزن لتقدير الوزن الطازج Fresh weight ويراعى ألا يقل الوزن الطازج للعينة النباتية عن ١٠٠ جم مادة طازجة إذا كانت أعضاء خضرية للنبات أو أعضاء نباتية غضه.. أما فى حالة عينات الجذور والبذور والثمار الناضجة فيجب ألا يقل الوزن الطازج للعينة عن ٢٠ جم.

وإذا كانت العينة النباتية عبارة عن أعضاء درنية فلا يقل وزنها عن ٥٠ جم. ثم توضع العينة الطازجة فى صوانٍ أو أطباق من الألومنيوم أو فى أكياس ورقية خاصة مفتوحة (فى حالة العينات الورقية فإنها تجفف هوائياً لفترة مناسبة من الزمن وذلك لإزالة الماء السطحى) وتوضع العينة النباتية فى فرن تجفيف على درجة ٨٠° م

Oven drying مزود بمروحة لدفع الهواء الساخن حتى يمكن التخلص من الرطوبة الزائدة داخل الفرن- ويفضل التجفيف على درجة ٨٠° م حيث إنه يزيل بالضرورة كل الماء المتحد فى معظم الأنسجة النباتية فى حين استخدام درجات حرارة أقل من ذلك لايزيل كل الماء المتحد بينما يسبب التجفيف على درجات حرارة أعلى من٨٠ °م انحلالا حرارياً للمركبات النباتية ويخفض من وزن المادة الجافة للعينة النباتية. وكذلك عند درجات الحرارة المرتفعة عن ذلك يحدث تغيير فى تركيب بعض المواد النتروجينية والسكرية الذائبة فى الأنسجة النباتية.



(طريقة المربعين المتقابلين)

• ملاحظات على عملية تجفيف العينات النباتية

- يفضل استخدام طريقة التجفيف بالتجميد Freeze-dried فى حالة الأنسجة النباتية ذات المحتوى المرتفع من السكر أو النشا.
- يمكن أيضاً استخدام التجفيف بالميكروويف Microwave عندما تكون عملية التجفيف تحتاج إلى عناية فائقة حيث توزع الموجات بين العينات.
- يجب استخدام فرن تجفيف ذو مروحة وذلك فى حالة العينات ذات الرطوبة العالية

والتى تخشى من التغيير فى التركيب الكيمياوى للمركبات العضوية بها حتى عند هذه الدرجة المنخفضة من التجفيف مثل الثمار كالطماطم والخيار والبطيخ.

- يجب تجنب حدوث ظاهرة السلق بمراعاة عدم ضغط العينة النباتية بل تترك مفككة حتى يسهل للهواء الساخن أن يتخللها ويطرد الرطوبة منها ويتم جفافها بسرعة. وتلاحظ أن لون العينات النباتية التى تجف بسرعة يكون لونها أخضر فاتحاً أما العينات التى تأخذ وقتاً طويلاً حتى تجف نظراً لسوء التهوية لأنها كانت مضغوطة على بعضها فى طبق التجفيف حيث أدى ارتفاع نسبة الرطوبة فى الهواء داخل الفرن أثناء التجفيف إلى تحول لون العينة إلى الأخضر المسود (ظاهرة تشبه السلق) .
- يفضل استخدام الأطباق المصنوعة من الألومنيوم فى تجفيف العينات فى الفرن لأنه حتى إذا تعرضت أنسجة العينة النباتية للتلوث بهذا المعدن فإنه يعتبر من العناصر غير الضرورية للنبات والتى لايهتم بتقديره كيماوياً . كما يجب أن يصنع فرن التجفيف من مادة الصلب غير القابلة للصدأ حتى يكون مناسباً لتجفيف النباتات المطلوب تقدير العناصر النادرة فيها دون خوف من حدوث التلوث من المعدن المصنوع منه الفرن.
- بعد جفاف العينة النباتية تخرج من الفرن وتترك للتعرض للجو العادى لمدة ربع ساعة حتى يحدث بها توازن بين الرطوبة الموجودة فى الجو والرطوبة التى وصلت إليها المادة المجففة تجفيفاً أولياً على درجات الحرارة المستخدمة فى التجفيف، ثم توزن ويسمى الوزن فى هذه الحالة بالوزن الجاف الخام (الأولى) Crude Dry Weight ويمكن حساب مايسمى بالرطوبة الأولية من الفرق قبل التجفيف وبعده.

- **طحن العينة النباتية الجافة فى الفرن Particle size reduction**

بعد عملية التجفيف تطحن العينات باستخدام طواحين خاصة تعتمد فى طحنها. إما على تقطيع العينة النباتية إلى قطع صغيرة. وإما على تحويلها إلى مسحوق Powder.

١ - تحويل العينة النباتية إلى قطع صغيرة

وتعتبر طاحونة Wiley Mill من النوع الأول حيث إن غرفة الطحن بها مجهزة بمروحة مكونة من عدة أسلحة مدببة الطرف. وتجهيز جدار غرفة الطحن الداخلى أيضاً بعدة أسلحة مدببة، ويؤدى دوران المروحة إلى تقطيع العينة النباتية إلى أجزاء صغيرة، ويوجد أسفل غرفة الطحن منخل تنزل منه المواد المطحونة إذا وصلت أقطارها إلى قطر أقل من ثقوب المنخل. ويتم اختيار القطر المناسب للعينة المطحونة باستخدام مناخل تختلف قطر ثقوبها بالملليمترات وعادة مايستخدم المنخل ذو المقاس المتوسط (١ مم) . أما الأجزاء التى لم تصل إلى القطر المرغوب حسب المنخل المستعمل فتأخذها المروحة من جديد لتقطع بين سكاكين المروحة والجدار الداخلى لغرفة الطحن ثم تعود أثناء دورانها إلى المنخل فتنفذ إذا ما أصبحت من النعومة بقدر يسمح لها من النزول من خلال ثقوب المنخل حيث تجمع فى درج خاص.

وتتبع طاحونة C.N النوع الأول أيضاً حيث إنها تكون مزودة بأربعة أصابع أو ستة أصابع سميكة غير حادة. وغرفة الطحن الداخلىلايوجد سكاكين على جدارها بل تكون ملساء وأحياناً قد يكون عليها تضاريس وسرعة دوران المروحة فى هذا النوع من الطواحين تتراوح بين ١٠ - ١٢ ألف لفة فى الدقيقة و تنزل العينة النباتية المطحونة لتمر من منخل قطر ثقوبه ذات سعة مناسبة للقطر أو للحجم الذى يلائم الغرض المطلوب من تحضير العينة النباتية، وتجمع العينة المطحونة فى كيس من القماش.

٢ - تحويل العينة النباتية إلى مسحوق Powder

هناك طواحين تستخدم فيها كرات من مادة الاستانلس ستيل ذات أقطار مختلفة حسب حجم حبيبات المادة النباتية المطلوب الوصول إليها وتعتمد هذه الطواحين على تحويل العينة النباتية إلى مسحوق نتيجة للتحرك الرأسى لغرفة الطحن التى بها العينة ويوضع بداخلها الكرات مناسبة القطر فكلما أردنا طحن العينات لدرجة عالية من التنعيم استخدمت الكرات ذات القطر الكبير والعكس صحيح حيث يؤدى رج غرفة الطحن بواسطة حركة رأسية سريعة لأسفل وأعلى إلى تحريك الكرات وتخبطها فى جدار غرفة الطحن وبالتالى تطحن العينة النباتية.

ويلاحظ أن النســيج النباتى يتلوث نتيجة استخدام أحد الطواحين سابقة الذكر بالعنصــر المصنوعة منــه مادة الطاحونة فإذا كانت الطاحونة المســتخدمة فى طحن العينــة المراد تقدير عنصر الحديد فيها مصنوعة من مادة الحديد أو الصلب فإن هذا يــؤدى إلى تلوث العينة بالحديد. وكذلك يجب عدم اســتخدام الطواحين من النوع C.N حيث إنها مصنوعة من مادة البرونز وذلك فى حالة الرغبة فى تقدير ودراســة عنصر النحاس فى العينة النباتية. والخلاصة هو عدم اســتخدام الطواحين المصنوعة من العناصر التى سوف تقدر فى العينة النباتية بل تفضل أن تطحن العينات فى مثل تلك الحالات فى هون من الصينى أو تفرك باليد فى حالة العينات الورقية ســهلة الفــرك. ومما تقدم يجب الاحتياط الكامل من حدوث التلوث للعينات النباتية أثناء عملية الطحن خصوصاً إذا كان الهدف من الدراسة تقدير العناصر الغذائية الصغرى فى الأنسجة النباتية.

• الاحتياطات الواجب مراعاتها فى عملية طحن العينة النباتية:

١ - يجــب تجنــب طحن العينات النباتية فى الطواحــين المصنوعة من مادة نفس العنصر المراد تقديره بها حيث إن الطواحين المصنوعة من مادة الاستانلس ستيل Stailnless Steel تلــوث العينــة بعنصر الحديد أثناء عمليــة الطحن بها ودرجة التلوث تتوقف على نوع الطاحونة وطول فترة الطحن المطلوبة.

٢ - لزيــادة نعومــة العينة المطحونة بحيث تمر من منخل يحتوى على ٤٠ ثقباً فى البوصــة المربعــة (40 mesh) إذا كانت الوزنة من العينة النباتية التى ســوف تؤخذ للتقدير أقل من ١ جم أما إذا كانت الوزنة المســتخدمة تســاوى أو أكبر من ١جم فإن اســتخدام منخل يحتوى على ٢٠ ثقب فى البوصة المربعة (٢٠ ميش) يكون كاف وتتناسب درجة نعومة حبيبات العينة النباتية المطحونة تناسباً عكسياً مع الــوزن المأخوذ للتقديــر فإذا كانت الوزنة المأخوذة أقل مــن ١ جم فيلزم أن تمر العينة من منخل ٤٠ ميش أما إذا كانت الوزنة المأخوذة تساوى أو أكثر من ١ جم فيكون ٢٠ ميش هو المنخل المناسب.

- فى حالة ما يكون الهدف من تحليل أنسجة النبات تقدير العناصر الصغرى فإنه يوصى باستخدام الطحن اليدوى أو باستخدام هون مصنوع من العقيق Agate mortar أو أن تستخدم طاحونة لها كور من العقيق Agate ball mill.
- توضع المادة الجافة للعينات بعد طحنها وخلطها فى برطمانات زجاجية ذات غطاء محكم ويكتب عليها البيانات الكافية عن محتوياتها.
- يقدر الوزن الجاف تماماً للعينة النباتية بوضع وزنه معينة من المادة الجافة الخام (الأولية) وتوضع فى الفرن على درجة ١٠٥°م لمدة ٣ ساعات للتخلص من آثار الرطوبة فى العينة ثم تبرد فى مجفف وتوزن لتقدر الوزن الجاف تماماً Dry weight لهذه العينة ومنه يمكن حساب قيمة الرطوبة وكذلك قيمة المادة الجافة فى العينة النباتية الطازجة المأخوذة للتحليل.
- تؤخذ من المادة الجافة الخام (الأولية) أوزان مناسبة لتقدير الرماد والمواد الأزوتية والكربوهيدراتية والمواد الدهنية.
- تحرق وزن مناسب من المادة الجافة الأولية سواء كان بطريقة الحرق الجاف Dry ashing أم بطريقة الحرق المبتل Wet ashing حيث يجرى تقدير العناصر المعدنية بعد الحرق ويجب ملاحظة تقدير المادة الجافة تماماً فى المادة الجافة الخام (الأولية) المأخوذة للتحليل فى جميع الحالات. وحيث تنسب نتائج التحليل إلى المادة الجافة للعينة النباتية.

* * *

جدول (١٣) تفسير نتائج الكميات الذائبة من عناصر النتروجين و الفوسفور والبوتاسيوم فى مستخلص حامض الخليك ٢٪ فى أنسجة النبات الطازجة

المحصول	جزء النبات المأخوذ	وقت أخذ العينة	NO_3^-N (ppm)		PO_4-P (ppm)				K ٪	
			ناقص	كاف	ناقص	منخفض	كاف	مرتفع	ناقص	كاف
البرسيم Alfalfa	٤٠ نبات من منتصف الساق العلوى	أزهار ١/١٠ النباتات	–	–	٥٠٠ >	–	٨٠٠ <	–	–	–
اسبرجلس sparagus	منتصف موسم النمو	10 cm tip new fern	١٠٠ >	٥٠٠ <	٨٠٠ >	–	١٦٠٠ <	–	١ >	٣ <
Bean Bush /Snap	عنق الورقة الرابعة من الطرف	منتصف عمر النبات عند بدء الأزهار	٢٠٠٠ > ١٠٠٠ >	٣٠٠٠ < ١٥٠٠ <	١٠٠٠ > ٨٠٠ >	– –	٢٠٠٠ < ١٥٠٠ <	– –	٣ ٢ >	٥ < ٤ <
Broccoli	العرق الوسطى للورقة حديثة النضج	منتصف عمر النبات بدء نمو البراعم	٧٠٠٠ > ٥٠٠٠ >	٩٠٠٠ < ٧٠٠٠ <	٢٥٠٠ > ٢٥٠٠ >	– –	٤٠٠٠ < ٤٠٠٠ <	 –	٣ > ٢ >	٥ < ٤ <
Brussels sprouts	العرق الوسطى للورقة حديثة النضج	منتصف عمر النبات العمر المتأخر	٧٠٠٠ > ٥٠٠٠ >	٩٠٠٠ < ٧٠٠٠ <	٢٠٠٠ > ١٠٠٠ >	– –	٣٥٠٠ < ٣٠٠٠ <	– –	٣ > ٢ >	٥ < ٤ <
الكرنب Cabbage (Chinese)	العرق الوسطى للورقة الملتفة الخارجية	عند تكوين الرءوس عند تكوين الرءوس	٥٠٠٠ > ٨٠٠٠ >	٧٠٠٠ < < ١٠٠٠٠	٢٥٠٠ > ٢٠٠٠ >	– –	٣٥٠٠ < ٣٠٠٠ <	– –	٢ > ٤ >	٤ < ٧ <
كنتالوب Cantaloupe	نصل الورق رقم ٦ من القمة	مرحلة النمو الأولى بدء ظهور الثمار أول نضج الثمار	٨٠٠٠ > ٥٠٠٠ > ٢٠٠٠ >	١٢٠٠٠ < ٨٠٠٠ < ٣٠٠٠ <	٢٠٠٠ > ١٥٠٠ > ١٠٠٠ >	– – –	٣٠٠٠ < ٢٥٠٠ < ٢٠٠٠ <	– – –	٤ > ٣ > ٢ >	٦ < ٥ < ٤ <

تابع جدول (١٣)

المحصول	جزء النبات المأخوذ	وقت أخذ العينة	$(NO_3\ N)$ (ppm)		(PO_4-P) (ppm)				K ٪	
			ناقص	كاف	ناقص	منخفض	كاف	مرتفع	ناقص	كاف
بنجر السكر Sugar Beet	عنق الورقة الحديثة الكاملة النصل العنق	طور البادرة	> ٧٥٠	··٣٥٠ ٣٥٠٠	– > ٧٥٠ > ١٥٠٠	· -	> ٧٥٠ ٧٥٠– ٤٠٠٠ ١٠٠٠ ٨٠٠٠ ١٦٠٠ ٥٠٠٠		> ١ > ١	الصوديوم أقل من ١.٥٪ ١-١١ الصوديوم أكبر من ١.٥ ١٪ ٦
الذرة السكرية Sweet Corn	عنق الورقة رقم ٦ من القمة	منتصف عمر النبات	> ٥٠٠	< ١٠٠٠	··	··	> ٥٠٠	١٠٠٠<	> ٢	< ٤
البطاطا Sweet potato	عنق الورقة رقم ٦ من القمة	منتصف عمر النبات	> ١٥٠٠	< ٢٥٠٠	–	> ١٠٠٠	< ٢٥٠٠	--	> ٣	< ٥
الطماطم Tomato (Cherry)	عنق الورقة رقم ٤	بدء عقد الثمار قطر ثماره ١.٢٥ سم بدء الحصاد	> ٨٠٠٠ > ٥٠٠٠ > ١٠٠٠	< ١٠٠٠٠ < ٧٠٠٠ < ٢٠٠٠	– -- –	> ٢٠٠٠ > ٢٠٠٠ > ٢٠٠٠	< ٣٠٠٠ ٣٠٠٠< < ٣٠٠٠	- -- -	> ٤ > ٣ > ٢	< ٧ ٥< < ٤
الطماطم Tomato Processing Determinat Type	عنق الورقة رقم ٤ من القمة	بدء الأزهار قطر الثمار ٢.٥ سم بدء تلوين الثمار	> ٨٠٠٠ > ٤٠٠٠ > ٢٠٠٠	< ١٢٠٠٠ < ٦٠٠٠ < ٣٠٠٠	 - –	> ٢٠٠٠ > ١٥٠٠ > ١٠٠٠	< ٣٠٠٠ < ٢٥٠٠ < ٢٠٠٠	– - -	> ٣ > ٢ > ١	< ٦ < ٤ < ٣

تابع جدول (١٣)

المحصول	جزء النبات المأخوذ	وقت أخذ العينة	NO_3-N (ppm)		PO_4-P (ppm)				K %	
			ناقص	كاف	ناقص	منخفض	كاف	مرتفع	ناقص	كاف
الطماطم Tomato Fresh – Market Non Determinate	عنق الورقة رقم ٤ من القمة	بدء تفتح الأزهار قطر الثمار ٢،٥ سم مرحلة نضج الثمار	< ١٠٠٠٠ < ٨٠٠٠ < ٤٠٠٠	> ١٤٠٠٠ > ١٢٠٠٠ > ٦٠٠٠	– – –	< ٢٥٠٠ < ٢٥٠٠ < ٢٠٠٠	> ٣٠٠٠ > ٣٠٠٠ > ٢٥٠٠	– – –	< ٤ < ٣ < ٢	> ٧ > ٥ > ٤
الكنتالوب Cantaloupe	نصل الورق رقم ٦ من القمة	مرحلة النمو الأولى بدء ظهور الثمار أول نضج الثمار	<٢٠٠٠ <١٠٠٠ <٥٠٠	> ٣٠٠٠ > ١٥٠٠ > ٨٠٠	< ١٥٠٠ < ١٣٠٠ < ١٠٠٠	– – –	> ٢٣٠٠ > ١٧٠٠ > ١٥٠٠	– – –	< ١ < ١ < ١	> ٢،٥ > ٢ > ١،٨
الجزر Carrot	عنق الورقة الحديثة كاملة النمو	منتصف موسم النمو	< ٥٠٠٠	–	< ٢٠٠٠	–	> ٣٠٠٠	–	< ٤	> ٦
القنبيط Cauliflower	العرق الوسطى للورقة الملتفة الخارجية	عند ظهور البراعم	< ٥٠٠٠	> ٧٠٠٠	–	< ٢٥٠٠	–	>٣٥٠٠	< ٢	> ٤
الكرفس Celery	عنق أحدث الأوراق الكاملة النمو	منتصف موسم النمو قرب مرحلة النضج	< ٥٠٠٠ < ٤٠٠٠	> ٧٠٠٠ > ٦٠٠٠	– –	< ٢٥٠٠ <٢٠٠٠	– –	>٣٠٠٠ >٣٠٠٠	< ٤ < ٣	> ٧ > ٥
السبانخ Spinach	عنق الورقة الصغيرة الكاملة النمو	منتصف النمو	< ٤٠٠٠	> ٦٠٠٠		–	< ٢٠٠٠	>٣٠٠٠	< ٢	> ٤

تابع جدول (١٣)

المحصول	جزء النبات المأخوذ	وقت أخذ العينة	NO_3-N (ppm)		PO_4-P (ppm)				K %	
			ناقص	كاف	ناقص	منخفض	كاف	مرتفع	ناقص	كاف
الكوسة Squash	عنق الورقة الصغيرة كاملة النمو	بدء الأزهار	١٢٠٠٠ >	< ١٥٠٠٠	–	–	٤٠٠٠ >	٦٠٠٠<	٦ >	١٠ <
الأرز Rice Short Grain Varieties	٥٠ ورقة حديثة كاملة النمو	منتصف النمو	–	–	–	١٠٠٠ >	١٠٠٠–١٨٠٠		منخفض ١,٤ >	
		أقصى النمو	–	–	–	١٠٠٠ >	١٠٠٠–١٨٠٠		١,٢ >	
		pacile	–	–	–	٨٠٠ >	٨٠٠–١٨٠٠		١,٠ >	
		flay	–	–	–	٨٠٠ >	٨٠٠–١٨٠٠		١,٠>	
البطيخ water melon	عنق الورقة رقم ٦	بدء عقد الثمار	٥٠٠٠ >	٧٥٠٠ <	–	١٥٠٠٠>	٢٥٠٠ <	–	٣ >	٥ <

الباب السابع

تفسير نتائج تحليل النبات للمحاصيل المختلفة

توضــح الجداول التالية فى هذا الباب تفســير نتائج تحليــل النبات للعديد من النباتات والتى تم تقسيمها إلى أربع مجموعات رئيسية من المحاصيل كما يلى:

١ - مجموعة المحاصيل الحقلية.

٢ - مجموعة محاصيل الخضر.

٣ - مجموعة المحاصيل الورقية.

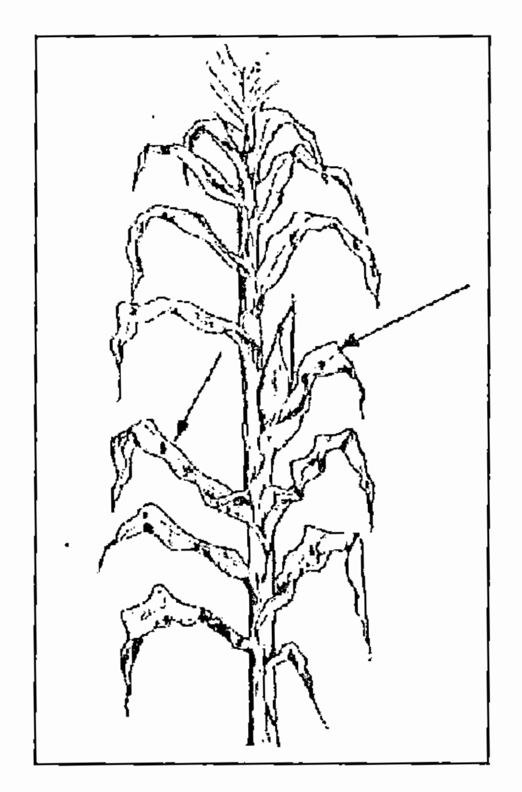
٤ - مجموعة محاصيل الفاكهة.

وتفســير النتائج فى هذه الجداول قد تم أخذها عن جونز وآخرين ١٩٩١ حيث تم تجميعها من العديد من المراجع والبحوث المتعلقة بتفسير نتائج تحليل النباتات للعناصر الغذائية والتى تساعد الباحثين فى مجال تغذية النبات من وضع التوصيات السمادية المناسبة للعناصر الغذائية وذلك بمقارنة نتائج تحليل عيناتهم النباتية بتلك الجداول. ولكن يجب على القائم باســتخدام الأرقام الموجودة فى تلك الجداول من أن يتفهــم جيــداً أهمية العلاقة الموجودة بين كل من جــزء النبات المأخوذ للتحليل ووقت أخذ العينة مقابل محتوى العينة النباتية من العناصر الغذائية وبناء عليه فإن اختلاف الجزء المأخوذ من العينة النباتية أو اختلاف وقت أخذ العينة عن الموجود فى تلك الجداول بالنســبة لنفس المحاصيل فإن تفســير النتائج للعناصر قد لا يكون دليلا مناسبا لحالة العناصر الموجودة بتلك المحاصيل.

الذرة

ميعاد أخذ العينة: بعد تكوين الشَّرابة.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: ورقة الكوز كاملة النمو أو الورقة التى تحتها.



عدد النباتات والأوراق للعينة المثلة:

١٥ –٢٥ نباتا موزعة عشـوائياً داخل المساحة التى تمثلها ويؤخذ من كل نبات ورقة واحدة لتصبح العينة المثلة ١٥ –٢٠ ورقة.

الذرة الشامية Corn (Zea mays L.)

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين ٪	٢,٠٠ – ٢,٦	٢,٧ – ٤,٠٠	< – ٤,٠٠
فوسفور ٪	٠,١٥ – ٠,٢٤	٠,٢٥ – ٠,٥	٠,٥١ – ٠,٨
بوتاسيوم ٪	١,٠ – ١,٦	١,٧ – ٣,٠٠	٣,١ – ٥,٠
كالسيوم ٪	٠,١٠ – ٠,٢	٠,٢١ – ١,٠٠	< ١,٠٠
ماغنسيوم ٪	٠,١٠ – ٠,١٩	٠,٢٠ – ١,٠٠	< ١,٠٠
كبريت ٪	٠,١٠ – ٠,٢	٠,٢١ – ٠,٥	٠,٥١ – ٠,٨
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢ – ٤	٥ – ٢٥	٢٦ – ٦٠
نحاس	٠ – ٥	٦ – ٢٠	٢١ – ٧٠
حديد	١٠ – ٢٠	٢١ – ٢٥٠	٢٥١ – ٣٥٠
منجنيز	١٠ – ١٩	٢٠ – ٢٠٠	٢٠١ – ٣٠٠
موليبدنيوم	٠,١ – ٠,٢	< ٠,٢	–
زنك	١٥ – ٢٤	٢٥ – ١٠٠	١٠١ – ١٥٠

النجيليات (القمح - الأرز - الشعير)

ميعاد أخذ العينة: قبل بداية طرد السنابل.

الجـزء النباتـى المأخـوذ للتحليل: الثلاث ورقـات العليا كاملـة النضج من قمة النبات.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٣٠ –٤٠ نباتاً موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ٣ ورقات لتصبح العينة الممثلة فى حدود ١٠٠ ورقة.

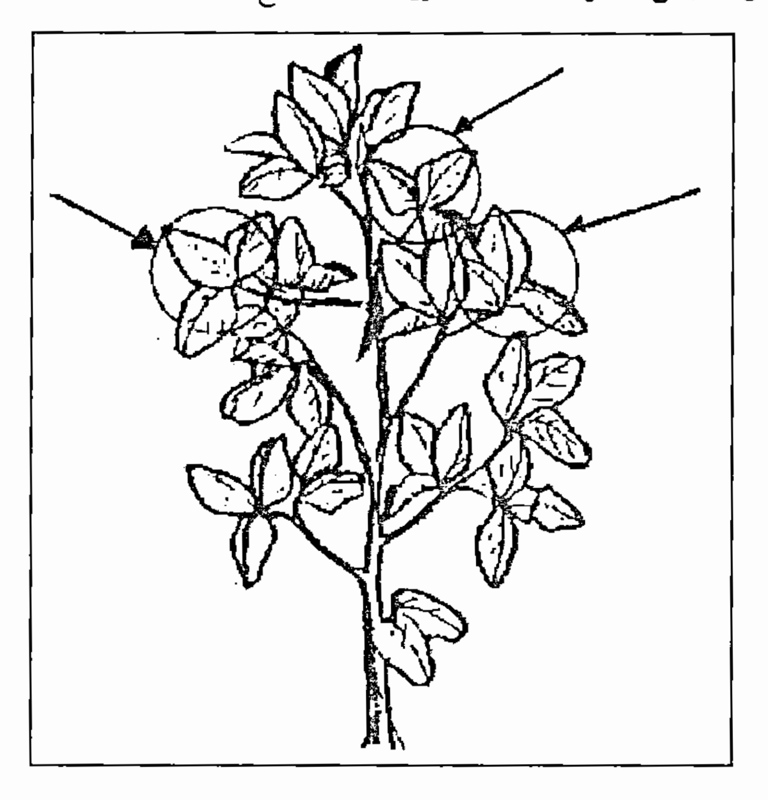
Wheat winter (Tiiticum aes) القمح الشتوى

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	١,٧٤ – ١,٢٥	٣,٠ – ١,٧٥	٣,٠ <
فوسفور٪	٠,٢ – ٠,١١	٠,٥ – ٠,٢١	٠,٨ – ٠,٥١
بوتاسيوم٪	١,٥ – ١,٠٠	٣,٠ – ١,٥١	٥,٠ – ٣,٠١
كالسيوم٪	٠,٢ – ٠,١٠	١,٠٠ – ٠,٢١	١,٠ <
ماغنسيوم٪	٠,١٥ – ٠,١٠	١,٠ – ٠,١٦	١,٠ <
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	–	–	–
نحاس	٥ – ٣	٥٠ – ٥	٧٠ – ٥١
حديد	١٠ >	٣٠٠ – ١٠	٥٠٠ – ٣٠١
منجنيز	١٥ – ١٠	٢٠٠ – ١٦	٣٥٠ – ٢٠١
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	٢٠ – ١١	٧٠ – ٢١	١٥٠ – ٧١

الفول البلدى - فول الصويا

ميعاد أخذ العينة: قبل أو عند بداية الإزهار.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النضج من قمة النبات.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٢٠ – ٣٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ٤ – ٥ ورقات لتصبح العينة الممثلة مكونة من ١٠٠ – ١٢٠ ورقة.

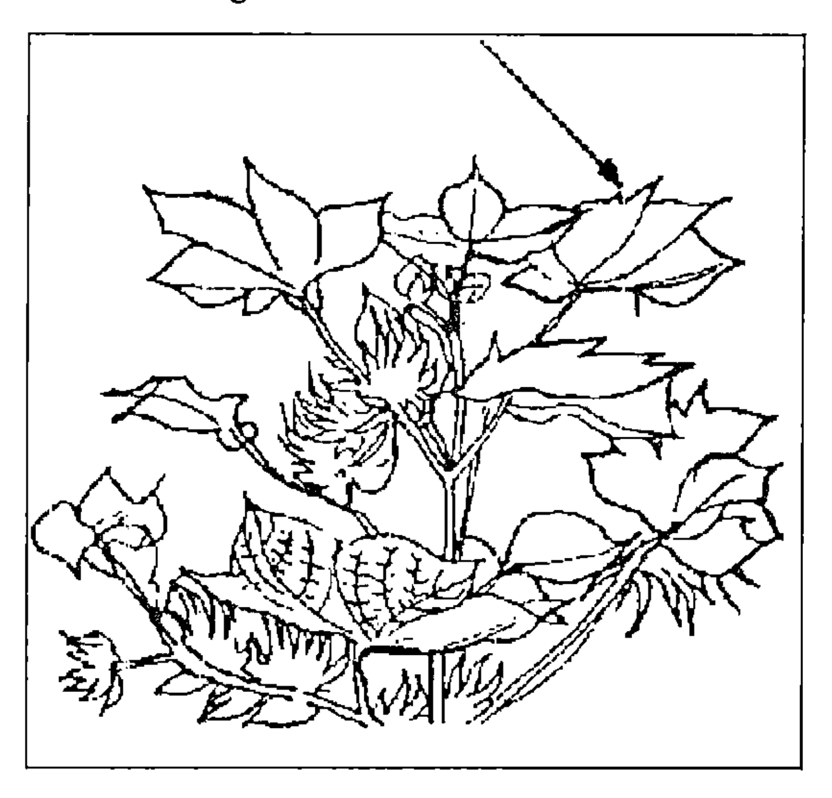
فول الصويا Soya bean (Gly Cine Max)

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٤.٠٠ — ٣,١٠	٥,٥٠ — ٤,٠١	٧,٠ — ٥,٥١
فوسفور٪	٠.٢٥ — ٠.١٦	٠,٥٠ — ٠,٢٦	٠.٨ — ٠,٥١
بوتاسيوم٪	١.٧٠ — ١.٢٦	٢,٥٠ — ١.٧١	٢.٧٥ — ٢,٥١
كالسيوم٪	٠,٣٥ — ٠.٢١	٢.٠٠ — ٠.٣٦	٣.٠٠ — ٢.٠١
ماغنسيوم٪	٠,٢٥ — ٠,١١	١,٠٠ — ٠,٢٦	١.٥٠ — ١,٠١
كبريت٪	٠.٢٠ — ٠,١٦	٠.٤٠ — ٠.٢١	٠,٤٠ <
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٢٠ — ١٠	٥٥ — ٢١	٨٠ — ٥٦
نحاس	٩ — ٥	٣٠ — ١٠	٥٠ — ٣١
حديد	٩٠ — ٣١	٣٥٠ — ٥١	٥٠٠ — ٣٥٠
منجنيز	٢٠ — ١٥	١٠٠ — ٢١	٢٥٠ — ١٠١
موليبدنيوم	٠.٩ — ٠,٤	٥.٠ — ١.٠	١٠ — ٥.١
زنك	٢٠ — ١٠	٥٠ — ٢١	٧٥ — ٥١.٠

القطن

ميعاد أخذ العينة: قبل أو عند بداية الإزهار.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: أحدث أوراق كاملة النضج على الساق الرئيسى.



عدد النباتات للعينة الممثلة:

٣٠ – ٣٥ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ورقة واحدة لتصبح العينة ٣٠ – ٣٥ ورقة.

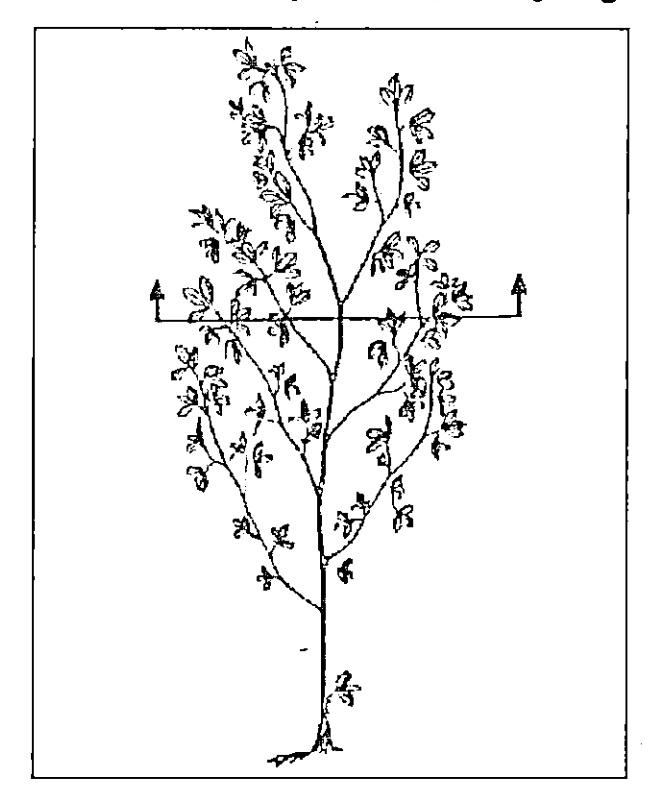
القطن (Cotton Gossypium hirsutum)

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٣,٥ >	٤,٥ – ٣,٥٠	٤,٥ <
فوسفور٪	٠,٣ >	٠,٥ – ٠,٣٠	٠,٥ <
بوتاسيوم٪	١,٥ >	٣,٠ – ١,٥٠	٣,٠ <
كالسيوم٪	٢,٠ >	٣,٠ – ٢,٠٠	٣,٠ <
ماغنسيوم٪	٠,٣ >	٠,٩ – ٠,٣٠	٠,٩ <
كبريت٪	٠,٢٥ >	٠,٨ – ٠,٢٥	٠,٨ <
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٠,٠ >	٦٠ – ٢٠	٦٠ <
نحاس	٥٠,٠ >	٢٥ – ٥	٢٥ <
حديد	٥٠,٠ >	٢٥٠ – ٥٠	٢٥٠ <
منجنيز	٢٥,٠ >	٣٥٠ – ٢٥	٣٥٠ <
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	٢٠,٠ >	٢٠٠ – ٢٠	٢٠٠ <

البرسيم

ميعاد أخذ العينة: قبل الحش. ولا ينصح بأخذها بعد الإزهار.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الثلث العلوى من النبات.



عدد النباتات للعينة المثلة:

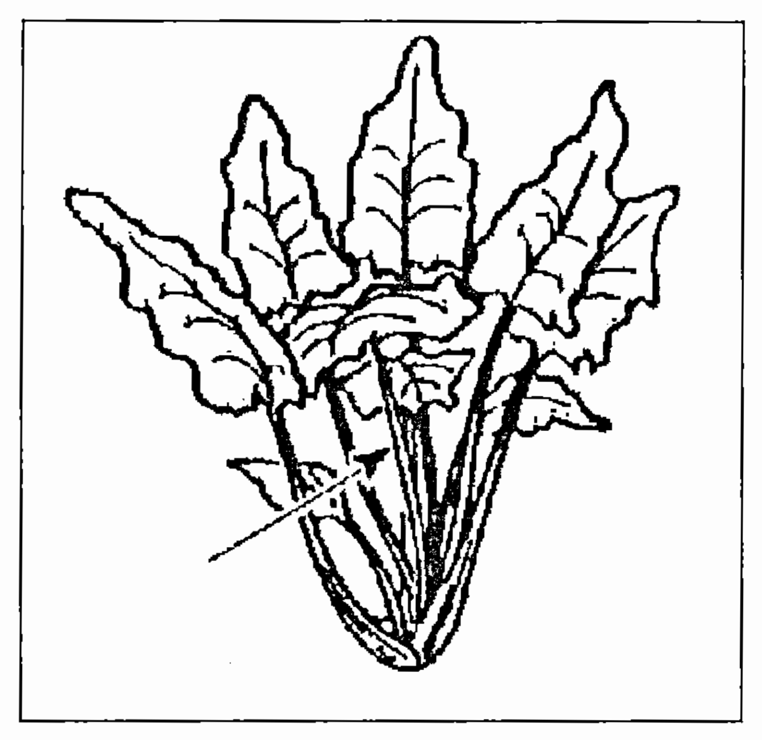
٤٠ – ٥٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة، وتكون العينة فى حدود كيلو جرام واحد.

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٤,٠٠ – ٤,٤٩	٤,٥٠ – ٥,٠	> ٥,٠
فوسفور٪	٠,٢١ – ٠,٢٥	٠,٢٦ – ٠,٧٥	٠,٧١ – ١,٠
بوتاسيوم٪	١,٧٥ – ١,٩٩	٢,٠٠ – ٣,٥	٣,٦ – ٥,٠
كالسيوم٪	١,٠٠ – ١,٧٩	١,٨٠ – ٣,٠	٣,٠ – ٤,٠
ماغنسيوم٪	٠,٢٠ – ٠,٢٩	٠,٣٠ – ١,٠	١,١ – ٢,٠
كبريت٪	٠,٢٠ – ٠,٢٥	٠,٢٦ – ٠,٥	> ٠,٥٠
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٢٠ – ٢٩	٣٠ – ٨٠	> ٨٠
نحاس	٥ – ٧	٧ – ٣٠	٣١ – ٥٠
حديد	٢٠ – ٢٩	٣٠ – ٢٥٠	٢٥١ – ٤٠٠
منجنيز	٢٠ – ٣٠	٣١ – ١٠٠	١٠٠ – ٢٥٠
موليبدنيوم	٠,٥ – ٠,٩	١,٠ – ٥	> ٥,٠
زنك	١٠ – ٢٠	٢١ – ٧٠	٧١ – ١٠٠

بنجر السكر

ميعاد أخذ العينة: منتصف موسم النمو.

الجزء النباتــى المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النضــج فى المنتصف بين الأوراق المركزية (الحديثة) والأوراق المسنة.



عدد النباتات والأوراق للعينة المثلة:

٢٠ – ٢٥ نباتا الموزعة عشــوائياً داخل المســاحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ورقة واحدة لتصبح العينة ٢٠ –٢٥ ورقة.

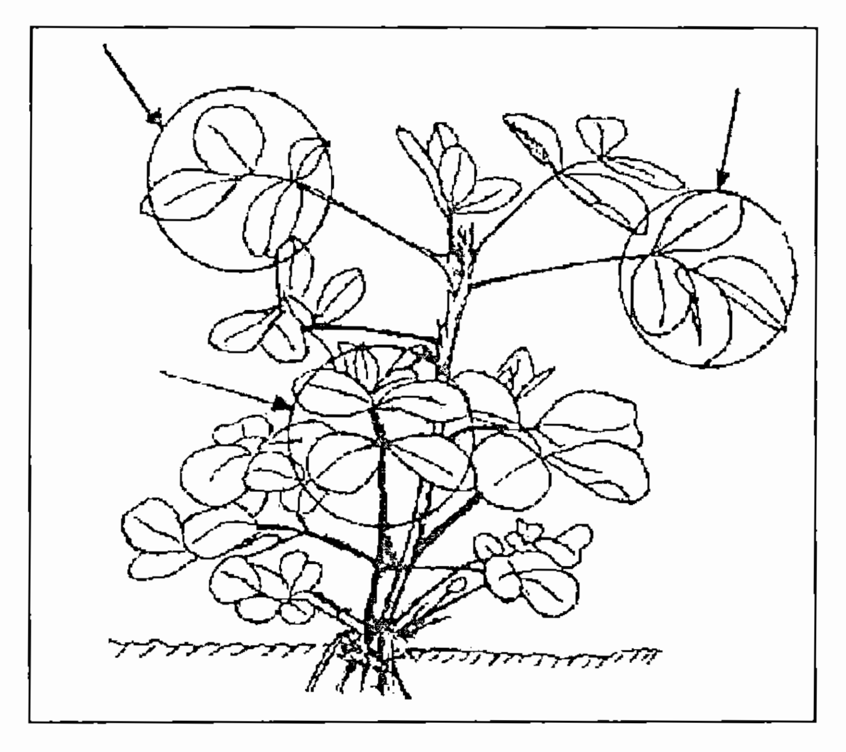
بنجر السكر — Sugar beet (Beta vulgaris)

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	> ٤,٣	٤,٣٠ – ٥,٠٠	< ٥,٠
فوسفور٪	> ٠,٤٥	٠,٤٥ – ١,١٠	< ١,١
بوتاسيوم٪	٠,٥ – ١,٩٩	٢,٠٠ – ٦,٠٠	< ٦,٠
كالسيوم٪	٠,١ – ٠,٤٩	٠,٥ – ١,٥٠	< ١,٥
ماغنسيوم٪	٠,٠٥ – ٠,٢٤	٠,٢٥ – ١,٠	< ١,٠
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٢٠ – ٣٠	٣١ – ٢٠٠	٢٠١ – ٨٠٠
نحاس	–	–	–
حديد	٥٠ – ٥٩	٦٠ – ١٤٠	< ١٤٠
منجنيز	١٠ – ٢٥	٢٦ – ٣٦٠	< ٣٦٠
موليبدنيوم	٠,١ – ٠,١٩	٠,٢ – ٢,٠	٢,١ – ٢٠
زنك	٥ – ٩	١٠ – ٨٠	< ٨٠

الفول السودانى

ميعاد أخذ العينة: قبل أو عند بداية الإزهار.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الأوراق الناضجة على الساق الرئيسى. ومن الأفرع الجانبية .



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٤٠ – ٥٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ٣ – ٤ ورقات لتصبح العينة فى حدود ١٥٠ – ١٦٠ ورقة.

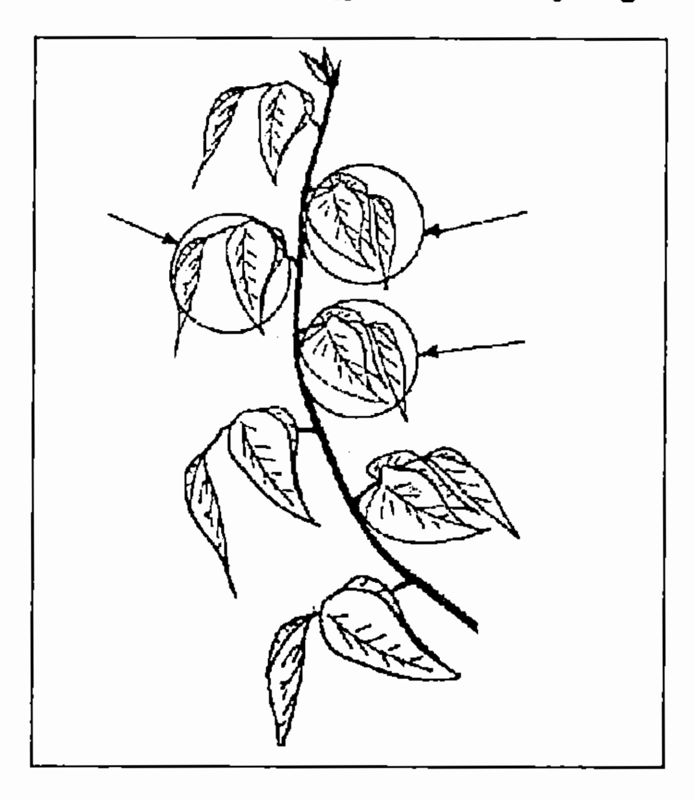
الفول السودانى Peanut (Arachis hy pogaca)

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٣,٥٠ >	٤,٥٠ – ٣,٥٠	٤,٥٠ <
فوسفور٪	٠,٢٤ – ٠,١٨	٠,٥٠ – ٠,٢٥	٠,٥٠ <
بوتاسيوم٪	١,٦ – ٠,٥	٣,٠٠ – ١,٧٠	٣,٠٠ <
كالسيوم٪	١,٢٥ >	٢,٠٠ – ١,٢٥	٢,٠٠ <
ماغنسيوم٪	٠,٣٠ <	٠,٨٠ – ٠,٣٠	٠,٨٠ <
كبريت٪	٠,٢٠ >	٠,٣٥ – ٠,٢٠	٠,٣٥ <
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٢٤ – ٢٠	٦٠ – ٢٥	٦٠ <
نحاس	٥ >	٢٠ – ٥	٢٠ <
حديد	٥٩ – ٥٠	٣٠٠ – ٦٠	٣٠٠ <
منجنيز	٥٩ – ٥٠	٣٥٠ – ٦٠	٣٥٠ <
موليبدنيوم	٠,١ >	٥,٠ – ٠,١	٥ <
زنك	٢٤ – ٢٠	٦٠ – ٢٥	٦٠ <

الفاصوليا

ميعاد أخذ العينة: خلال بداية الإزهار.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: ٢- ٣ ورقات من قمة النبات.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

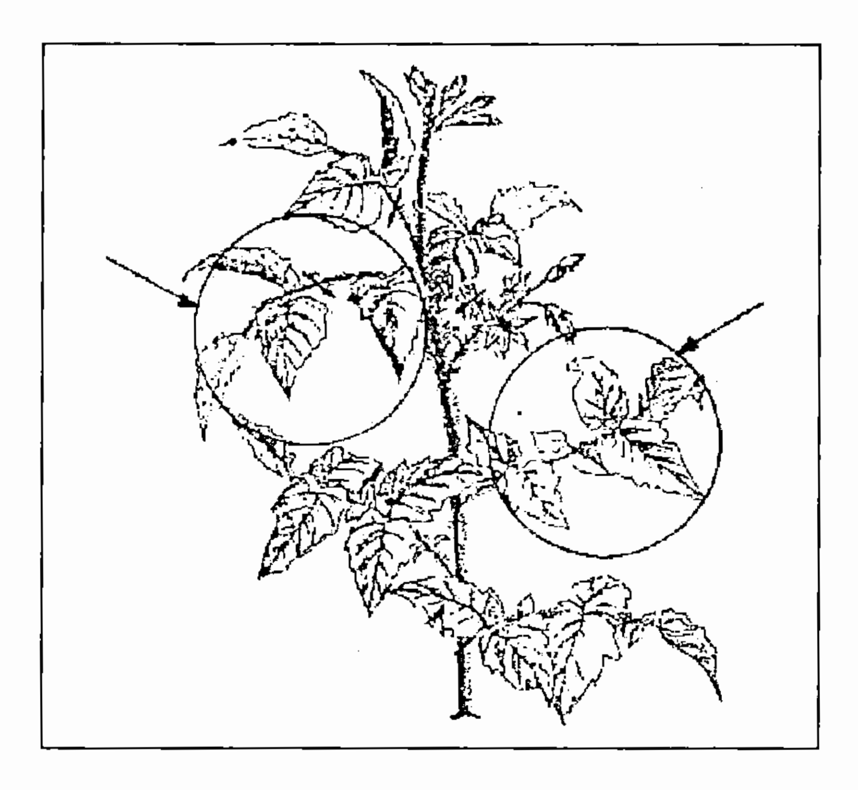
٢٥- ٣٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. على أن تكون العينة إجمالاً ٥٠ – ٦٠ ورقة.

العنصر	منخفض	متوسط	عالٍ
نيتروجين٪	٤,٢٤ – ٤,٩٩	٥,٠٠ – ٦,٠	٦,٠ <
فوسفور٪	٠,٢٥ – ٠,٣٤	٠,٣٥ – ٠,٧٥	٠,٧٥ <
بوتاسيوم٪	٢,٠٠ – ٢,٢٤	٢,٢٥ – ٤,٠	٤,٠ <
كالسيوم٪	١,٠٠ – ١,٤٩	١,٥٠ – ٢,٥	٢,٥ <
ماغنسيوم٪	٠,٢٥ – ٠,٢٩	٠,٣٠ – ١,٠	١,٠ <
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	١٥ – ١٩	٢٠ – ٧٥	٧٥ <
نحاس	٤ – ٦	٧ – ٣٠	٣٠ <
حديد	٤٠ – ٤٩	٥٠ – ٣٠٠	٣٠٠ <
منجنيز	١٥ – ٤٩	٥٠ – ٣٠٠	٣٠٠ <
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	١٨ – ١٩	٢٠ – ٢٠٠	٢٠٠ <

الطماطم

ميعاد أخذ العينة: خلال بداية الإزهار.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الورقة الثالثة والرابعة من القمة النامية.



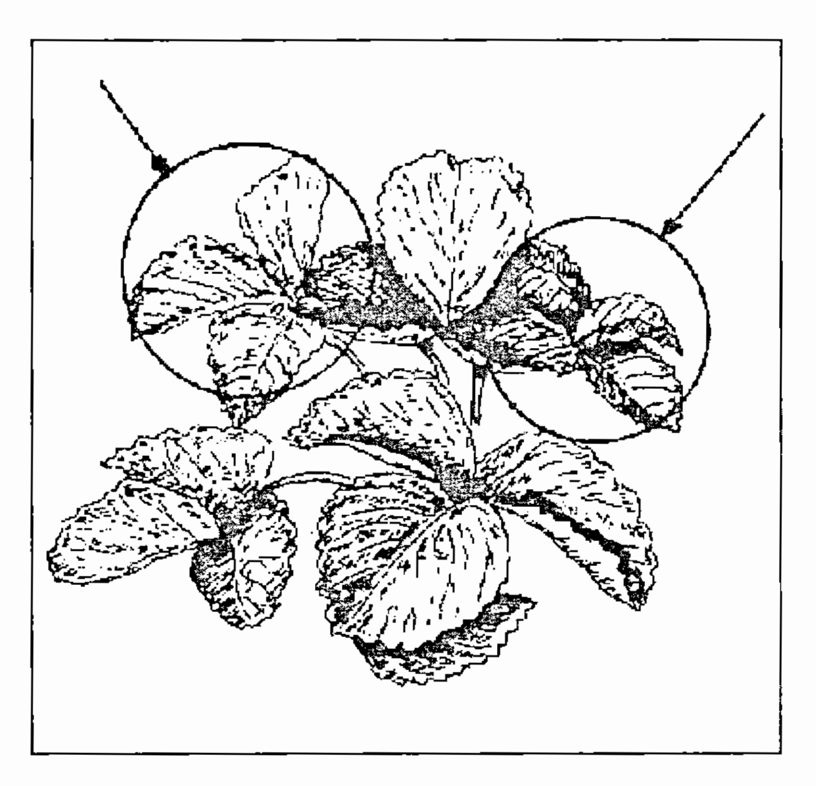
عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٢٠ – ٢٥ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ ٢ – ٣ ورقات على أن تكون العينة الممثلة إجمالاً ٦٠ – ٧٠ ورقة.

الفراولة

ميعاد أخذ العينة: منتصف موسم النمو.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: أحدث أوراق كاملة النمو.



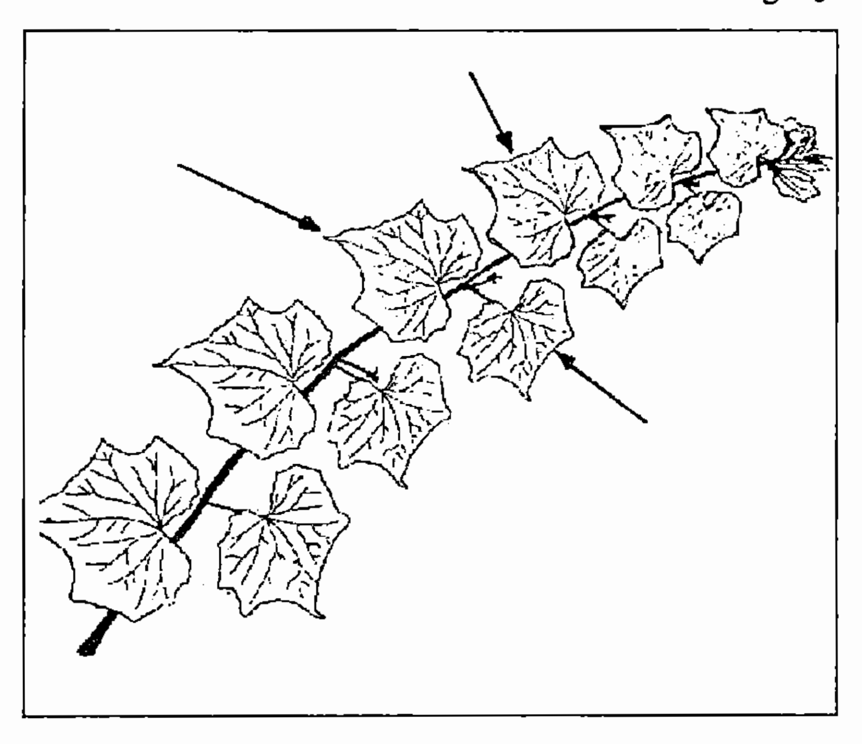
عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٣٠ - ٤٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ورقة واحدة، على أن تحتوى العينة الممثلة على ٣٠ - ٤٠ ورقة.

البطيخ - الخيار - الكوسة

ميعاد أخذ العينة: بداية مرحلة الإزهار وقبل عقد الثمار.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النمو قرب القمة على الفرع الرئيسى.



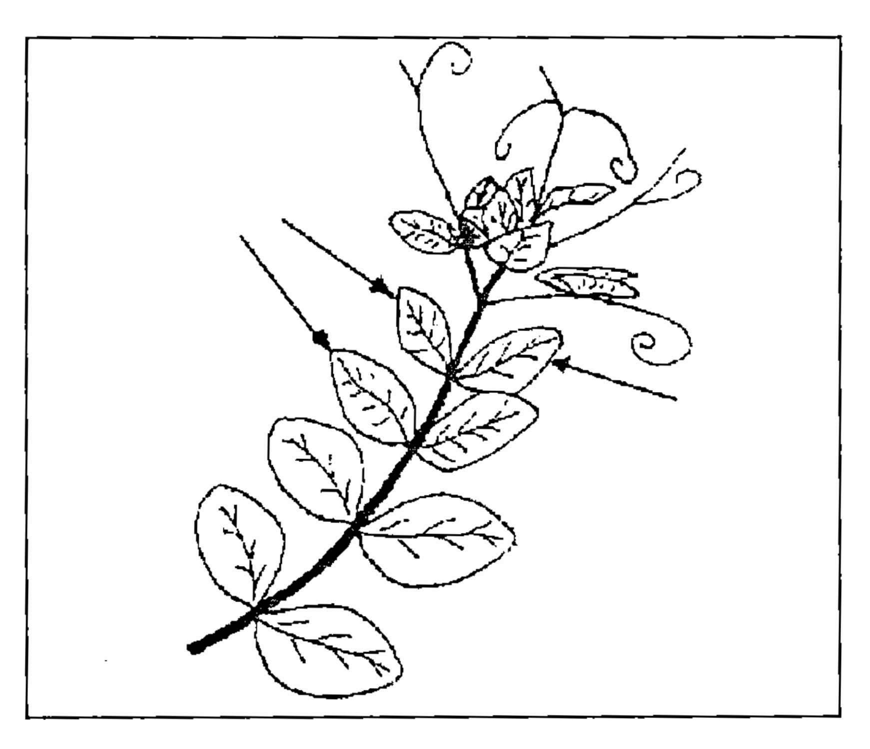
عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٢٠ - ٣٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ٢ - ٣ ورقات لتصبح العينة الممثلة ٥٠ -٧٥ ورقة.

البسلة

ميعاد أخذ العينة: خلال بداية الإزهار.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الأوراق المركبة كاملة النمو من العقدة الثالثة تحت القمة النامية.



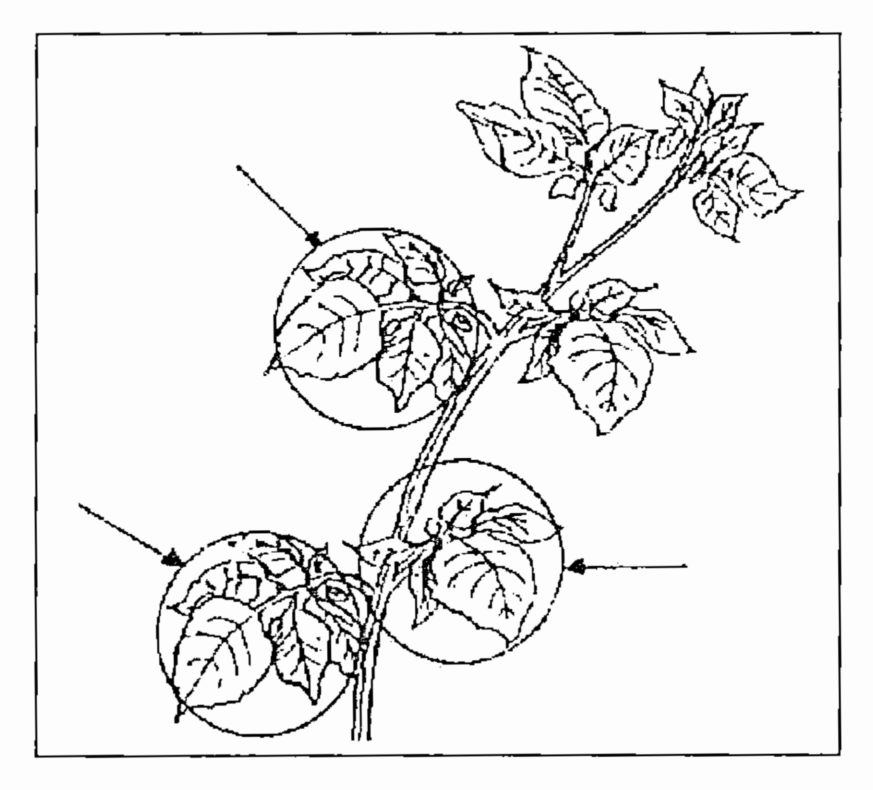
عدد النباتات للعينة الممثلة:

٣٠ – ٥٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات من ٢ – ٣ ورقات. على أن تكون العينة الممثلة إجمالاً ١٠٠ ورقة تقريباً.

البطاطس

ميعاد أخذ العينة: خلال بداية تكوين الدرنة.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الورقة الثالثة إلى الخامسة من القمة النامية.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

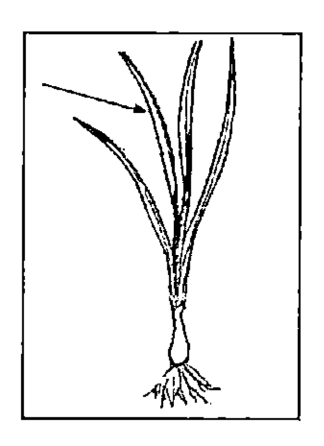
٢٠ – ٢٥ نباتا موزعة توزيعاً عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة ويؤخذ من كل نبات ٢ – ٣ أوراق، على أن تكون العينة الممثلة إجمالاً ٦٠ – ٧٠ ورقة.

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٢٫٠٠ – ٢٫٩٩	٣٫٠٠ – ٤٫٠	> ٤٫٠
فوسفور٪	٠٫٢ – ٠٫٢٤	٠٫٢٥ – ٠٫٤	> ٠٫٤
بوتاسيوم٪	٤٫٠ – ٥٫٩٩	٦٫٠ – ٨٫٠	> ٠٫٨
كالسيوم٪	١٫٠ – ١٫٤٩	١٫٥ – ٢٫٥	> ٢٫٥
ماغنسيوم٪	٠٫٥ – ٠٫٦٩	٠٫٧ – ١٫٠	> ١٫٠
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٢٥ – ٣٩	٤٠ – ٧٠	> ٧٠
نحاس	٥ – ٦	٧ – ٢٠	> ٢٠
حديد	٣٠ – ٣٩	٤٠ – ١٠٠	> ١٠٠
منجنيز	٢٠ – ٢٩	٣٠ – ٢٥٠	> ٢٥٠
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	٢٠ – ٢٩	٣٠ – ٢٠٠	> ٢٠٠

الثوم - البصل

ميعاد أخذ العينة: بعد ظهور الورقة الرابعة.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النمو المركزية.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٢٠ – ٣٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ١ – ٢ ورقة، على أن تكون العينة الممثلة مكونة من ٣٠ – ٤٠ ورقة.

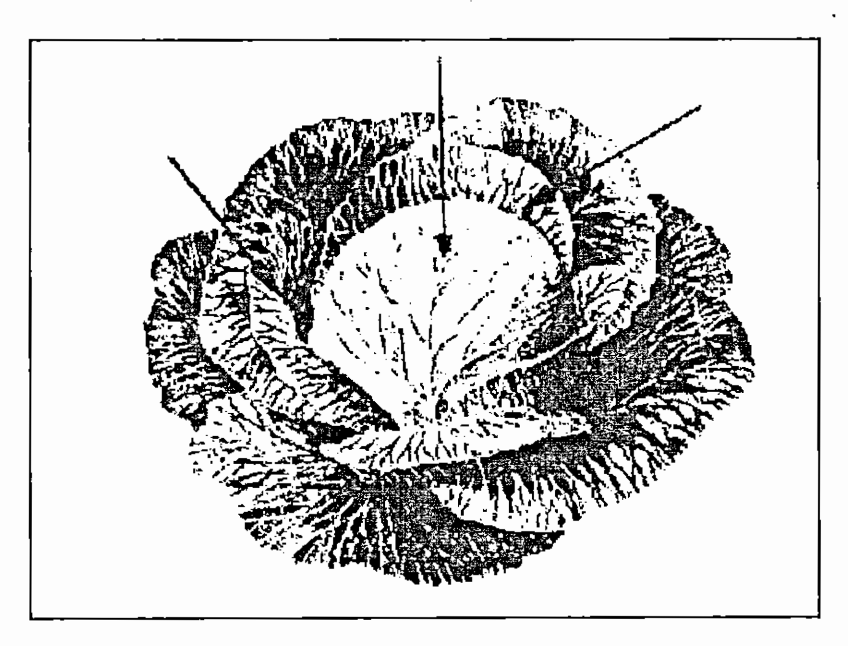
الثوم Garlic

العنصر	منخفض	كاف	عال
نيتروجين٪	٤,٠٠ – ٤,٣٩	٤,٤٠ – ٥,٠	< ٥,٠
فوسفور٪	٠,٢٥ – ٠٢٩	٠,٣٠ – ٠,٦	< ٠,٦
بوتاسيوم٪	٣,٠٠ – ٣,٦٩	٣,٩٠ – ٤,٨	< ٤,٨
كالسيوم٪	٠,٦٠ – ٠,٧٩	٠,٨٠ – ١,٥	< ١,٥
ماغنسيوم٪	٠,١٠ – ٠,١٤	٠,١٥ – ٠,٢٥	< ٠,٢٥
كبريت٪	–	–	–

الكرنب - القُنَّبيط

ميعاد أخذ العينة: قبل تكوين الرءوس.

الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النمو الأولى من المركز.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة :

٢٠ – ٣٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. وتؤخذ من كل نبات ورقة إلى ورقتين لتصبح العينة الممثلة ١٠ – ٢٠ ورقة.

Cabbage الكرنب

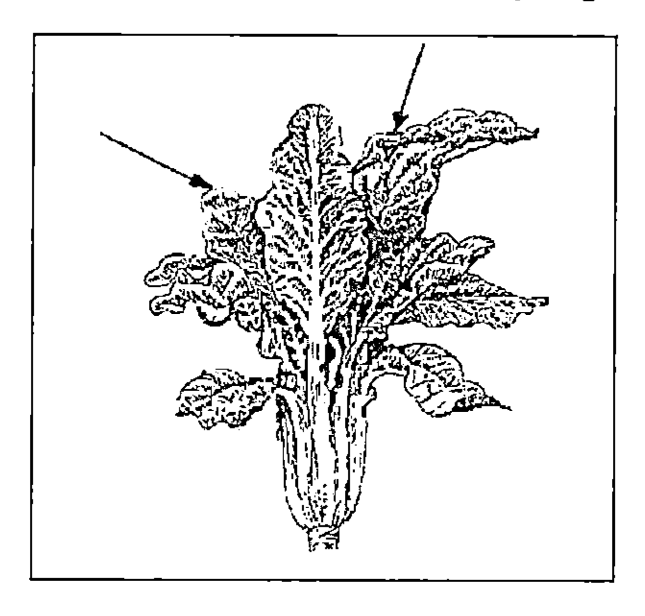
العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٣,٤٩ – ٢,٥٠	٤,٠ – ٣,٥٠	٤,٠ <
فوسفور٪	٠,٣٩ – ٠,٣	٠,٦٠ – ٠,٤٠	٠,٦ <
بوتاسيوم٪	٤,٤٩ – ٢,٨٠	٧,٥ – ٤,٥٠	٧,٥ <
كالسيوم٪	١,٩٩ – ١,٦٠	٦,٠ – ٢,٠٠	٦,٠ <
ماغنسيوم٪	٠,٢٩ – ٠,٢	٠,٧ – ٠,٣٠	٠,٧ <
كبريت٪	–	–	–
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٩ – ٢٥	١٠٠ – ٣٠	١٠٠ <
نحاس	٤ – ٣	٢٥ – ٥	٢٥ <
حديد	٣٩ – ٣٠	٢٠٠ – ٤٠	٢٠٠ <
منجنيز	٢٤ – ٢٠	٢٠٠ – ٢٥	٢٠٠ <
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	١٩ – ١٥	٢٠٠ – ٢٠	٢٠٠ <

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٢,٨٠ – ٣,٢٩	٣,٣٠ – ٤,٥	> ٤,٥
فوسفور٪	٠,٢٨ – ٠,٣٢	٠,٣٣ – ٠,٨	> ٠,٨
بوتاسيوم٪	٢,٠٠ – ٢,٥٩	٢,٦ – ٤,٢	> ٤.٢
كالسيوم٪	١,٥٠ – ١,٩٩	٢,٠ – ٣,٥	> ٣,٥
ماغنسيوم٪	٠,٢٢ – ٠,٢٦	٠,٢٧ – ٠,٥	> ٠.٥
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٢٥ – ٢٩	٣٠ – ١٠٠	> ١٠٠
نحاس	٢ – ٣	٤ – ١٥	> ١٥
حديد	٢٥ – ٢٩	٣٠ – ٢٠٠	> ٢٠٠
منجنيز	٢٠ – ٢٤	٢٥ – ٢٥٠	> ٢٥٠
موليبدنيوم	٠,٣ – ٠,٤	٠,٥ – ٠,٨	> ٠,٨
زنك	١٧ – ١٩	٢٠ – ٢٥٠	> ٢٥٠

الخضر الورقية (الخس - السبانخ)

ميعاد أخذ العينة: منتصف موسم النمو.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: أحدث أوراق كاملة النمو.



عدد النباتات والأوراق للعينة الممثلة:

٣٠ – ٥٠ نباتا موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة. ويؤخذ من كل نبات ٢ – ٣ ورقات لتصبح العينة الممثلة ٥٠ – ٧٥ ورقة.

السبانخ Spniach (Spinacia oleracea L)

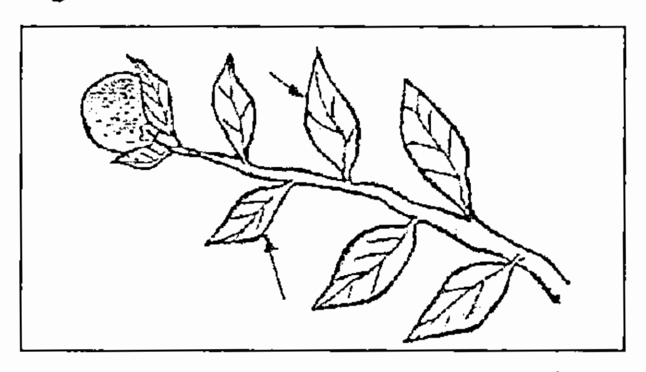
العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٣,٩٩ – ٣,٥	٦,٠ – ٤,٠	٦,٠ <
فوسفور٪	٠,٢٩ – ٠,٢٥	٠,٦ – ٠,٣	٧,٠ <
بوتاسيوم٪	٤,٩٩ – ٤,٠	٨,٠ – ٥,٠	٠,٨ <
كالسيوم٪	٠,٦٩ – ٠,٥	١,٢ – ٠,٧	١,٢ <
ماغنسيوم٪	٠,٥٩ – ٠,٤	١,٠ – ٠,٦	١,٠ <
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٢٤ – ٢٣	٧٥ – ٢٥	٧٥ <
نحاس	٥ – ٤	٢٥ – ٦	٢٥ <
حديد	٥٩ – ٥٠	٣٠٠ – ٦٠	٣٠٠ <
منجنيز	٤٩ – ٤٠	٢٥٠ – ٥٠	٢٥٠ <
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	١٩ – ١٨	٢٠٠ – ٢٠	٢٠٠ <

الموالح

ميعاد أخذ العينة : من سبتمبر حتى ديسمبر حسب الصنف وذلك حتى يكتمل نمو أوراق دورة النمو الربيعى. حيث :

- اليوسفى ... ... سبتمبر / أكتوبر
- البلدى ... ... أكتوبر / نوفمبر
- أبو سرة ... ... سبتمبر/ أكتوبر
- الصيفى ... ... ديسمبر

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النضج من الأفرع الثمرية (عمر ٤– ٥ أشهر) من النموات الربيعية (الورقة الثانية والثالثة من نهايات الأفرع المثمرة) .



عدد الأشجار والأوراق للعينة الممثلة:

٢٠ – ٢٥ شجرة، على أن تكون مأخوذة عشوائياً، وممثلة لحالة النمو السائد، وموزعة توزيعاً منتظماً داخل المساحة المطلوب تمثيلها. ويؤخذ من كل شجرة ٥ –١٠ أوراق من حول الشجرة وفى مستوى الكتف – على أن يكون عدد الأوراق المأخوذة إجمالاً ١٥٠ – ٢٠٠ ورقة.

Mandarin or Tangerine (Citrus reticulata) اليوسفى

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٣,٠٠>	٣,٤٠ – ٣,٠٠	< ٣,٤٠
فوسفور٪	٠,١٤ – ٠,١١	٠,٢٥ – ٠,١٥	< ٠,٢٥
بوتاسيوم٪	٠,٨٩ – ٠,٤٧	١,١ – ٠,٩	< ١,١٠
كالسيوم٪	–	–	–
ماغنسيوم٪	٠,١٦ – ٠,١٠	٠,٤٤ – ٠,١٧	< ٠,٤٤
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٣٠ – ٢٠	١٠٠ – ٣١	< ١٠٠
زنك	٥ >	٢٩ – ٥	< ٢٩

Orange, Navel and Valenca (Citrus Sinensis) البرتقال

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٢,٠٠ – ٢,١٩	٢,٢٠ – ٣,٥	< ٣,٥
فوسفور٪	٠,١٠ – ٠,١١	٠,١٢ – ٠,٥	< ٠,٥
بوتاسيوم٪	٠,٩٠ – ١,١٩	١,٢٠ – ٣,٠	٣,١ – ٤,٠
كالسيوم٪	٠,٩٠ – ١,٠٩	١,١٠ – ٤,٠	< ٤,٠
ماغنسيوم٪	٠,٢٠ – ٠,٢٩	٠,٣٠ – ٠,٥	< ٠,٥
كبريت٪	–	–	–
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٠ – ٢٤	٢٥ – ١٠٠	< ١٠٠
نحاس	٤ – ٥	٦ – ١٠٠	< ١٠٠
حديد	٤٠ – ٥٩	٦٠ – ١٥٠	< ١٥٠
منجنيز	٢٢ – ٢٤	٢٥ – ٢٠٠	< ٢٠٠
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	٢٢ – ٢٤	٢٥ – ٢٠٠	< ٢٠٠

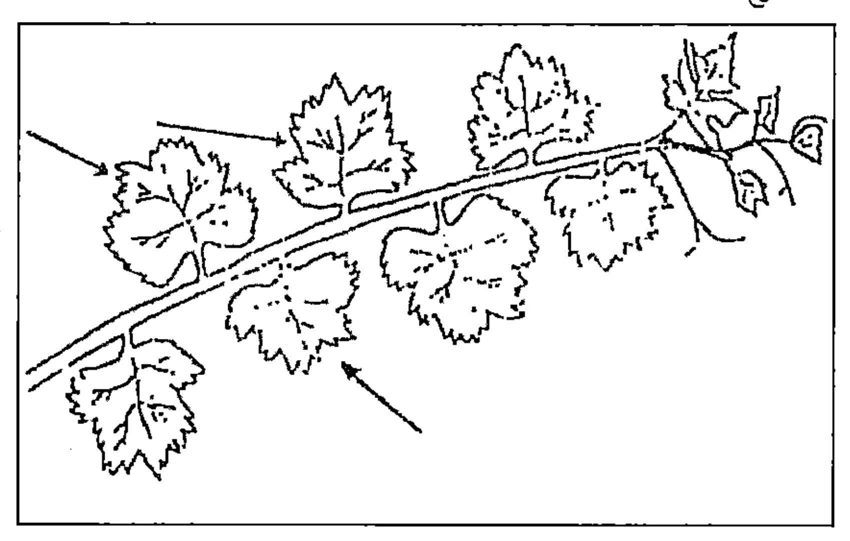
العنب

ميعــاد أخذ العينـة: ٧ – ١٥ يوماً بداية العقد، ويتحدد ذلك حســب ميعاد الرى والصنف وعادة تكون العينة:

- العنب البناتى: أول شهر مايو.
- العنب الرومى: منتصف يونيه.

الجزء النباتى المأخوذ للتحليل:

الأوراق كاملة النمو وغير المسـنة (بدون عنق) الورقة الخامسـة إلى السـابعة من قمة الفرع.



عدد الكرمات والأوراق للعينة الممثلة:

٤٠ –٦٠ كرمة موزعة عشوائياً داخل المساحة التى تمثلها العينة، ويؤخذ من كل كرمة ٢ – ٣ ورقات، على أن تكون العينة الممثلة إجمالاً ٨٠ –١٠٠ ورقة.

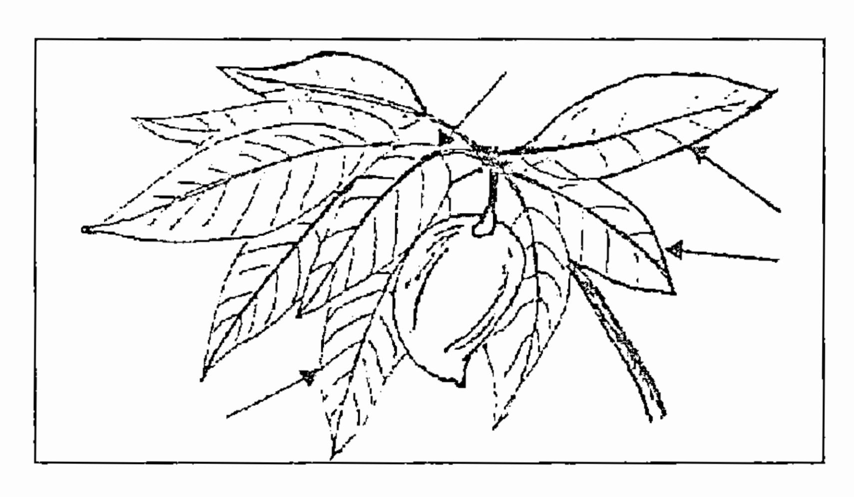
Grape, Muscadine (Vitis rotundifolia) العنب

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	١.٦٥	٢.١٥ — ١,٦٥	٢.٥ <
فوسفور٪	٠,١٢	٠,١٨ — ٠,١٢	٠,١٨ <
بوتاسيوم٪	٠.٨	١,٢ — ٠,٨	١.٢ <
كالسيوم٪	٠.٧	١,١ — ٠,٧	١.١ <
ماغنسيوم٪	٠.١٥	٠,٢٥ — ٠,١٥	٠,٢٥ <
كبريت٪	—	—	—
جزء في المليون (ppm)			
بورون	١٥ >	٢٥ — ١٥	٢٥ <
نحاس	٥ >	١٠ — ٥	١٠ <
حديد	٦٠ >	١٢٠ — ٦٠	١٢٠ <
منجنيز	٦٠ >	١٢٠ — ٦٠	١٥٠ <
موليبدنيوم	٠,١٤ >	٠,٣٥ — ٠,١٥	٠,٣٥ <
زنك	١٨ >	٣٥ — ١٨	٣٥ <

المانجو

ميعاد أخذ العينة: يونيو / سبتمبر حسب الصنف.

الجــزء النباتى المأخوذ للتحليل: الأوراق كاملة النمــو والتى بطرف الأفرع المثمرة (عمر ٦ شهور) على أن تؤخذ العينة من حول محيط الشجرة وعلى ارتفاع واحد.



عدد الأشجار والأوراق للعينة الممثلة:

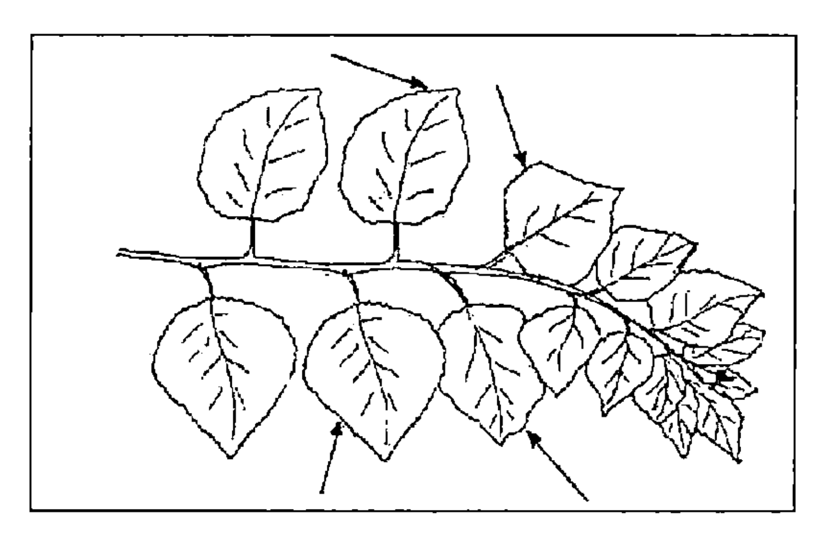
١٥ – ٢٠ شجرة على أن تكون تلك الأشجار ممثلة لحالة البستان وموزعة توزيعاً منتظمــاً داخل المســاحة المطلوب أن تكون العينة ممثلة لها ويؤخذ من كل شــجرة ٤ – ٥ أوراق على أن تكون العينة الممثلة إجمالاً ٦٠ – ٧٠ ورقة.

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٠,٧٠ — ٠,٩٩	١,٠٠ — ١,٥٠	< ١,٥٠
فوسفور٪	٠,٠٥ — ٠,٠٧	٠,٠٨ — ٠,٢٥	< ٠,٢٥
بوتاسيوم٪	٠,٢٥ — ٠,٣٩	٠,٤٠ — ٠,٩٠	< ٠,٩٠
كالسيوم٪	١,٠ — ١,٩٩	٢,٠٠ — ٥,٠٠	< ٥,٠٠
ماغنسيوم٪	٠,١٥ — ٠,١٩	٠,٢٠ — ٠,٥٠	< ٠,٥٠
كبريت٪	—	—	—
جزء في المليون (ppm)			
بورون	٢٠ — ٢٤	٢٥ — ١٥٠	< ١٥٠
نحاس	٥ — ٦	٧ — ٥٠	< ٥٠
حديد	٢٥ — ٤٩	٥٠ — ٢٥٠	< ٢٥٠
منجنيز	٢٥ — ٤٩	٥٠ — ٢٥٠	< ٢٥٠
موليبدنيوم	—	—	—
زنك	١٥ — ١٨	٢٠ — ٢٠٠	< ٢٠٠

التفاح - البرقوق - الخوخ
الكمثرى - الجوافة - المشمش

ميعاد أخذ عينة النبات: شهر يونيه (منتصف موسم النمو) .

الجـــزء النباتى المأخـــوذ للتحليل: الأوراق كاملة النمو مــن نهايات الدوابر المثمرة وتؤخذ الأوراق من حول محيط الشجرة وبنفس الارتفاع فى مستوى الكتف.



عدد الأشجار والأوراق للعينة الممثلة:

٢٠ –٢٥ شــجرة موزعة عشوائياً داخل المســاحة التى تمثلها العينة ويؤخذ من كل شجرة ٤ –٥ أوراق من حول محيط الشجرة وفى مستوى الكتف. على أن تكون العينة الممثلة إجمالاً ٨٠ – ١٠٠ ورقة.

التفاح Apple (Malus spp)

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	١,٠٧ — ١,٨٩	١,٩٠ — ٢,٦	٢,٧ — ٣,٠
فوسفور٪	٠,١٠ — ٠,١٣	٠,١٤ — ٠,٤	< ٠,٤
بوتاسيوم٪	١,٠ — ١,٤٩	١,٥٠ — ٢,٠	< ٠,٤
كالسيوم٪	> ١,٢	١,٢٠ — ١,٦	< ١,٦
ماغنسيوم٪	٠,٢ — ٠,٢٤	٠,٢٥ — ٠,٤	< ٠,٥
كبريت٪	> ٠,٢	٠,٢٠ — ٠,٤	< ٠,٤
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٢٠ — ٢٤	٢٥ — ٥٠	< ٥٠
نحاس	٤ — ٥	٦ — ٥٠	< ٥٠
حديد	٤٠ — ٤٩	٥٠ — ٣٠٠	< ٣٠٠
منجنيز	٢٠ — ٢٤	٢٥ — ٢٠٠	٢٠١ — ٣٠٠
موليبدنيوم	٠,٠٥ — ٠,١	٢٥ — ٢٠٠	—
زنك	١٥ — ١٩	٢٠ — ١٠٠	< ١٠٠

الخوخ Peach (Prunus Persica)

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٢.٤٠ – ٢.٩٩	٣.٠٠ – ٣.٥٠	٣.٦٠ – ٤.٢
فوسفور٪	٠.٠٩ – ٠.١٣	٠.١٤ – ٠.٢٥	٠.٢٦ – ٠.٤
بوتاسيوم٪	١.٠٠ – ١.٩٩	٢.٠٠ – ٣.٠٠	٣.١٠ – ٤.٠
كالسيوم٪	١.٠٠ – ١.٧٩	١.٨٠ – ٢.٧٠	٢.٨٠ – ٣.٥
ماغنسيوم٪	٠.٢٠ – ٠.٢٩	٠.٣٠ – ٠.٨٠	٠.٨١ – ١.١
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	١٥ – ١٩	٢٠ – ٦٠	٦١ – ٨١
نحاس	٣ – ٤	٥ – ١٦	١٧ – ٣٠
حديد	٦٠ – ٩٩	١٠٠ – ٢٥٠	٢٥١ – ٥٠٠
منجنيز	٢٠ – ٣٩	٤٠ – ١٦٠	١٦١ – ٤٠٠
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	١٥ – ١٩	٢٠ – ٥٠	٥١ – ٧٠

الكمثرى Pear (Pyrus Communis)

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٢,٠٠ – ٢,١٩	٢,٢٠ – ٢,٨٠	> ٢,٨
فوسفور٪	٠,٠٩ – ٠,١	٠,١١ – ٠,٢٥	> ٠,٢٥
بوتاسيوم٪	٠,٨٠ – ٠,٩٩	١,٠٠ – ٢,٠٠	> ٢,٠
كالسيوم٪	٠,٨٠ – ٠,٩٩	١,٠٠ – ١,٥٠	> ١,٥
ماغنسيوم٪	٠,٢٠ – ٠,٢٤	٠,٢٥ – ٠,٥٠	> ٠,٥
كبريت٪	٠,١٧ – ٠,١٩	٠,٢٥ – ٠,٤٠	> ٠,٤
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	١٧ – ١٩	٢٠ – ٧٠	> ٧٠
نحاس	٣ – ٤	٥ – ٢٠	> ٢٠
حديد	٥٠ – ٥٩	٦٠ – ٢٥٠	> ٢٥٠
منجنيز	٢٠ – ٢٩	٣٠ – ١٠٠	> ١٠٠
موليبدنيوم	١٥ – ١٩	٢٠ – ٢٠٠	> ٢٠٠
زنك	٢٢ – ٢٤	٢٥ – ٢٠٠	> ٢٠٠

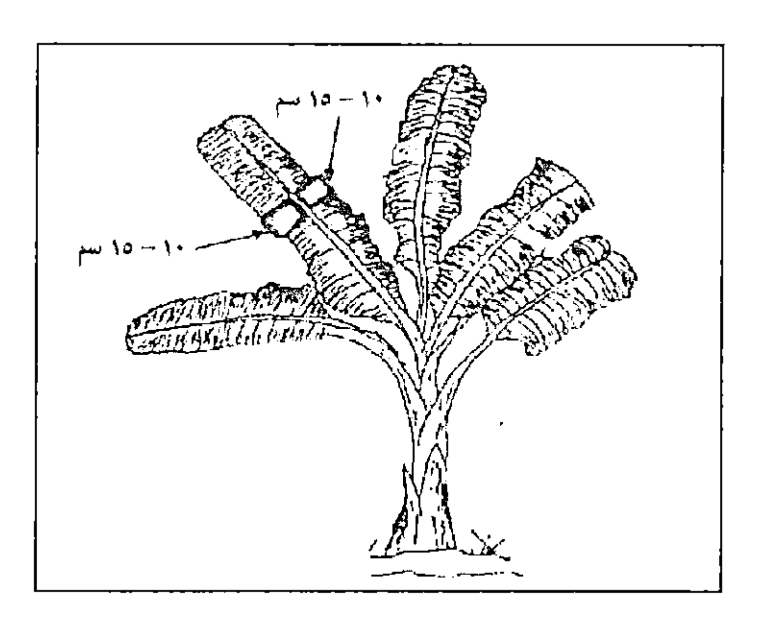
المشمش Apricot (ship) (Punus Ameniaca)

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	١,٨ – ١,٩٩	٢,٠٠ – ٢,٥٠	> ٢,٥
فوسفور٪	٠,٠٩ – ٠,١٢	٠,١٣ – ٠,٣٥	> ٠,٣٥
بوتاسيوم٪	٢,٠٠ – ٢,٤٩	٢,٥٠ – ٣,٠٠	> ٣,٠
كالسيوم٪	١,٠ – ١,٥٩	١,٦٠ – ٢,٥٠	> ٢,٥
ماغنسيوم٪	٠,٢٥ – ٠,٢٩	٠,٣٠ – ١,٢٠	> ١,٢
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٢٠ – ٢٤	٢٥ – ٧٠	٧١ – ٩٠
نحاس	٣ – ٤	٥ – ٢٥	> ٢٥
حديد	٦٠ – ٦٩	٧٠ – ١٥٠	> ١٥٠
منجنيز	٢٠ – ٢٤	٢٥ – ١٠٠	> ١٠٠
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	١٥ – ١٩	٢٠ – ١٠٠	> ١٠٠

الموز

ميعاد أخذ العينة: خلال مرحلة النمو النشــطة للنبات، حيث إن الظروف البيئية كثيراً ما تؤثر في الميعاد المناسب لأخذ العينة.

الجزء النباتي المأخوذ للتحليل: يؤخذ شــريط بعرض ١٠ – ١٥ ســم عند منتصف الورقة الحديثة الثالثة وعلى جانبي العرق الأوسط.



عدد الأشجار والأوراق للعينة الممثلة:

٨ – ١٠ نباتات مأخوذة عشــوائياً، وممثلة لحالة النمو الســائد وموزعة توزيعاً منتظماً داخل المســاحة المطلوب تمثيلها، ويؤخذ من كل نبات شــريطان اثنان فقط على أن تكون العينة الممثلة ١٦ – ٢٠ شريطاً.

Banana (Musa sp) الموز

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	٢,٥٠ – ٣,٤٩	٣,٥٠ – ٤,٥	> ٤,٥
فوسفور٪	٠,١٥ – ٠,١٩	٠,٢٠ – ٠,٤	> ٠,٤
بوتاسيوم٪	٣,٠٠ – ٣,٧٩	٣,٥٠ – ٥,٠	> ٥,٠
كالسيوم٪	٠,٥٠ – ٠,٧٩	٠,٨٠ – ١,٥٠	> ١,٥
ماغنسيوم٪	٠,١٨ – ٠,٢٤	٠,٢٥ – ٠,٨	> ٠,٨
كبريت٪	٠,١٨ – ٠,٢٤	٠,٢٥ – ٠,٨	> ٠,٨
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	٧ – ٩	١٠ – ٥٠	٥١ – ٨٠
نحاس	٤ – ٥	٦ – ٢٥	> ٢٥
حديد	٥٠ – ٧٥	٧٦ – ٣٠٠	> ٣٠٠
منجنيز	٧٥ – ٩٩	١٠٠ – ١٠٠٠	> ١٠٠٠
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	١٥ – ١٩	٢٠ – ٢٠٠	> ٢٠٠

Olive (Olea europa) الزيتون

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	> ١,٥	١,٥ – ٢,٥	< ٢.٥
فوسفور٪	١,٠	٠,١ – ٠,٣	< ٠.٣
بوتاسيوم٪	٠,٥ – ٠.٨	٠,٩ – ١,٢	< ١,٢
كالسيوم٪	> ١,٠	< ١,٠	–
ماغنسيوم٪	> ٢,	< ٠,٢	–
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	١٥ – ١٩	٢٠ – ٧٥	< ٧٥
نحاس	–	–	–
حديد	–	–	–
منجنيز	> ٢٥	< ٢٥	–
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	> ٢٥	< ٢٥	–

التين — Fig (Ficus carica)

العنصر	منخفض	كاف	عالٍ
نيتروجين٪	١,٩ – ١,٧	٢,٥ – ٢,٠	٢,٥ <
فوسفور٪	٠,١>	٠,٣ – ٠,١	٠,٣ <
بوتاسيوم٪	٠,٩ – ٠,٧	١,٠٠<	–
كالسيوم٪	٣,٠ >	٣,٠<	–
ماغنسيوم٪	٠,٧٥ >	٠,٧٥ >	–
كبريت٪	–	–	–
جزء فى المليون (ppm)			
بورون	–	–	٣٠٠<
نحاس	٤>	٤<	–
حديد	–	–	–
منجنيز	٢٠>	٢٠<	–
موليبدنيوم	–	–	–
زنك	–	–	–

المراجع

أ - المراجع العربية:

١ – أحمد عبد المنعم حسن (١٩٨٤) :
«أساسيات إنتاج وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية» – الدار العربية للطباعة والنشر.

٢ – سمير عبد الوهاب أبو الروس وآخرون (١٩٩٢) :
«خصوبة أراضى وتغذية النبات » كلية الزراعة جامعة القاهرة –التعليم المفتوح.

٣ – عبد المنعم بلبع (١٩٨٨) :
«خصوبة الأراضى و التسميد» – دار المطبوعات الجديدة.

٤ – مشروع المغذيات الصغرى ومشاكل تغذية النبات فى مصر (١٩٨٦) :
«الطرق المعملية الروتينية المستخدمة فى تحاليل التربة والنبات بغرض تقدير الاحتياجات السمادية للمحاصيل المختلفة» .

٥ – مشروع العناصر المغذية الصغرى ومشاكل تغذية النبات فى مصر (١٩٨٧) :
«أخذ عينات التربة والنبات» .

٦ – مشروع العناصر المغذية الصغرى ومشاكل تغذية النبات فى مصر (١٩٨٧) :
«تحاليل التربة والنبات لتحديد الاحتياجات السمادية» .

٧ – مشروع العناصر المغذية الصغرى ومشاكل تغذية النبات فى مصر (١٩٨٩):
«الأعراض الظاهرية لبعض العناصر المغذية فى النبات» .

٨ – محمد عز الدين ابراهيم – سمير عبد الوهاب أبو الروس (١٩٧٧) :
« محاضرات فى مادة خصوبة الأراضى لطلبة كلية الزراعة– جامعة القاهرة» .

٩ - محمد محمود بدر الدين (١٩٧٨)

« محاضرات فى مادة كيمياء وتغذية النبات لطلبة كلية الزراعة- جامعة القاهرة» .

١٠ - محمد محمود شراقى وآخرون (١٩٩٣)

«فسـيولوجيا النبات - الطبعة الرابعة - نسخة مترجمة عن روبرت/ م. ديفيلين - فرنسيس هـ. وندام - الدار العربية للنشر» .

* * *

ب - المراجع الأجنبية

1 - Arnon, D.j., and P.R Stout. (1939) : The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. Plant Physiology,14:371.

2 - Bennett, W.F. (1994) : Nutrient deficencis and toxicities in crop plants. The American Phytopathological Society PP 202.

3 - Brown , P.H., R.M Welsh, And E.E .Cary. (1987) : .Nickle a micronutrient essential for higher plants. plant Physiology 85: 801 -803.

4 - El-sayad, E.A And R.W. Blanchar (1993) : Boron concentration in soils of the Fayoum Depression As A function of distance from Qarun Lake. Fayoum J .Agric, Res & Dev., 7 (1) : 57 -67.

5 - Epstein, E. (1965): Mineral nutrition, PP. 438 -466 In : J. Bonner and J.E Varner (eds.) Plant Biochemistry. Academic Press, Inc., Orlando ,FL

6 - Jarrell, W.M., and R.B Beverly. (1981) : The dilution effect in plant nutrition studies advances in agronomy 34: 197 -224

7 - Jones, Jr., J.B. (1970): Distribution of fifteen elements in corn leaves. Communications In Soil Science And Plant Analysis 1: 27 - 33.

8 - Jones, Jr., J.B., R.L. Large D.B Pfeiderer, and H.S. Klosky,. (1971) : How to properly sample for a plant analysis, Soils

& Crops 23 : 15 -18.

9 - Jones, Jr. J.B.; B Wolf and H. A. Mills (1991) : Plant analysis handbook. Micro - Macro Publishing, Inc. /U.S.A.

10 - Karuskopf, K.b.(1972): Geochemistry of micronutments In: J.J Micronutments In Agriculture, Mortvedt, P.M. G. and W.L. Lindsay, eds.,Soil Sci: Soc. Am . Inc., Madison, Wis. 7 -40.

11 - Marschener, Horst (1986) :Nutrition Of Higher Plants. Academic Press, Inc., New York, Ny.

12 - Mengel, K., and E.A Kirkby. (1981) : Principles Of Plant Nutrition, Fourth Edition. International Potash Institute, Beme, Switzerland.

13 - Scheffer, F., And P. Schacht schabel (1976): (G) Text book of Soil Science. 9th ed F. Enke- Verlag. Stuttgart, Germany.

14 - Sonneveld, C., and P.A.Ven Dijk. (1982) : The Effective-ness of Some Washing Procedures On The Removal Of Contaminates From Plant Tissues ef glasshouse Crops. Communications In Soil Science And Plant Analysis. 13; 487. 496.

15 - Takahashi E.. And Y. Miyake (1977): Silica And Plant Growth, PP. 603 -.804. In Proceeding International Semi-nar Soli Enviromental And Fertility Management Intensive Agriculture. National Institute Of Agricultural Sceience, Tokyo, Japan.

16 - Viets, F.G, Jr. (1962): Chemistry and availability of micro-nutrients.». J.Agric. Food Chem.10: 174 -178.

المؤلف

الاسم : أ .د إيهاب عبد الحليم الصياد.

الوظيفة الحالية: أستاذ بقسم الأراضى والمياه بكلية الزراعة بالفيوم – جامعة الفيوم.

المؤهلات العلمية:

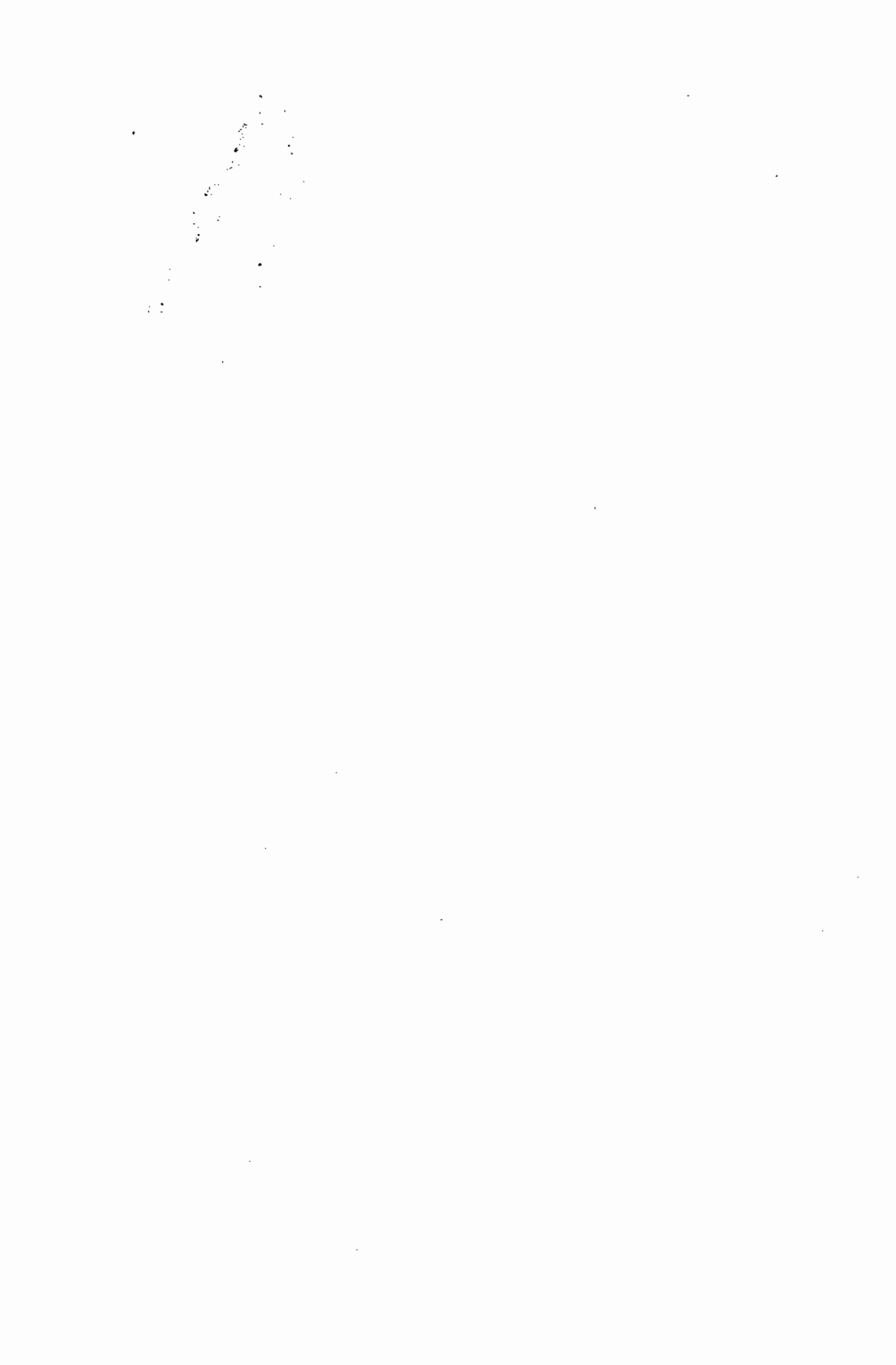
بكالوريوس علوم زراعية (أراضى) يونيو ١٩٧٧ – جامعة القاهرة.
ماجستير فى العلوم الزراعية (أراضى) ١٩٨٣ – جامعة القاهرة.
دكتوراة الفلسفة فى العلوم الزراعية ١٩٨٨ – جامعة ابردين بانجلترا.

المهمات العلمية:

مهمة علمية بقسم الأراضى بجامعة ميسورى بالولايات المتحدة ١٩٩١ / ١٩٩٢.

كتب صدرت للمؤلف:

الموالح..... «دار المعارف» .
الخضر القرعية . ..... «دار المعارف» .



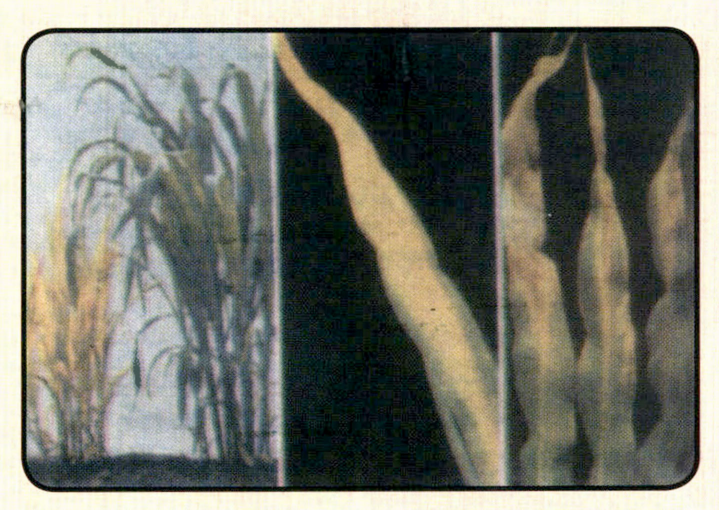
الفهرس

الباب الخامس:

الباب السادس:

الباب السابع:

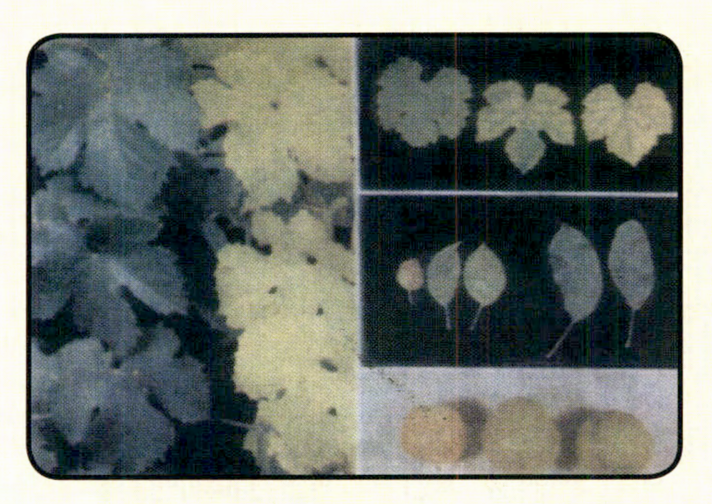
أعراض نقص النيتروجين على بعض المحاصيل



أعراض نقص النيتروجين على نبات الذرة الشامية



أعراض نقص النيتروجين على بنجر السكر اصفرار الأوراق السفلية ثم انتشار الاصفرار فى مراحل متأخرة على كل النبات

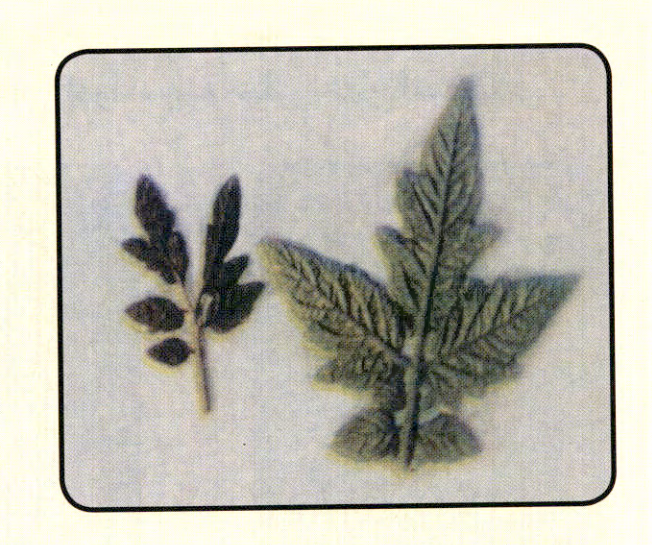


أعراض
نقص
النيتروجين
على العنب

أعراض نقص الفوسفور على بعض المحاصيل



أعراض نقص الفوسفور على القمح
وتظهر الأوراق السفلية باللون القرمزى
لتكوين مادة الأنثوسيانين



أعراض نقص
الفوسفور على
أوراق الطماطم



أعراض نقص
الفوسفور على أوراق
العنب

أعراض نقص البوتاسيوم على بعض المحاصيل

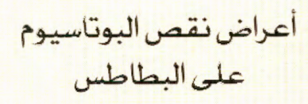


أعراض نقص البوتاسيوم
على نبات الذرة الشامية



أعراض نقص البوتاسيوم
على البرسيم





أعراض نقص البوتاسيوم
على البطاطس



أعراض نقص البوتاسيوم على التفاح



أعراض نقص البوتاسيوم على الموز

أعراض نقص الكالسيوم والماغنسيوم على بعض المحاصيل



أعراض نقص الكالسيوم
على الطماطم



أعراض نقص الكالسيوم
على ثمار البطيخ



أعراض نقص الماغنسيوم
على أوراق الشعير



أعراض نقص الماغنسيوم على العنب
العرق الوسطى أخضر والمناطق حوله من الورقة صفراء
لنقص الكلوروفيل وبزيادة النقص تجف الورقة كلها

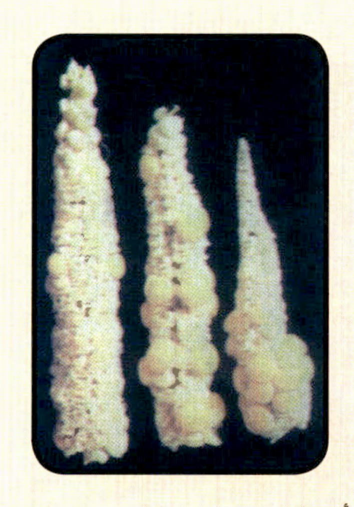


أعراض نقص الماغنسيوم على الموالح

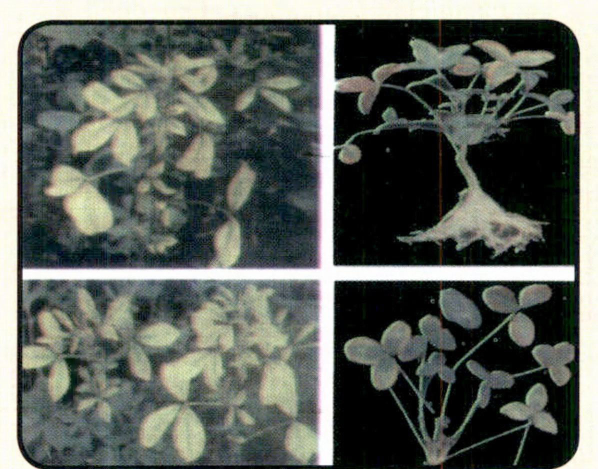
أعراض نقص البورون على بعض المحاصيل الحقلية



أعراض نقص البورون على القطن



أعراض نقص البورون على كيزان الذرة الشامية ويلاحظ عدم اكتمال حبوب كوز الذرة والطرف الخالى من الحبوب

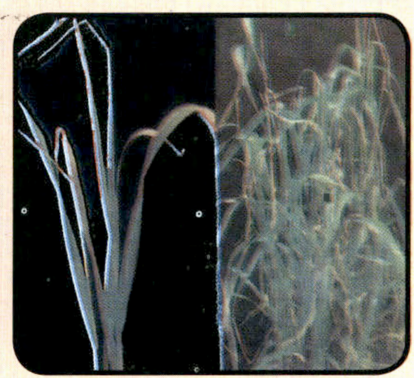


أعراض نقص البورون على البرسيم ويلاحظ اصفرار حـواف الأوراق حديثة النمو وجفافها فى المراحل المتقدمة



أعراض نقص البورون على بنجر السكر

أعراض نقص النحاس والحديد على بعض المحاصيل الحقلية والخضر





أعراض نقص النحاس على نبات القمح



أعراض نقص الحديد
على نبات القطن



أعراض نقص الحديد
على نبات فول الصويا



أعراض نقص الحديد
على نبات البطاطس

أعراض نقص الحديد على بعض محاصيل الفاكهة



أعراض نقص الحديد فى المانجو



أعراض نقص الحديد فى الكمثرى



أعراض نقص الحديد فى العنب



أعراض نقص
الحديد فى الموالح

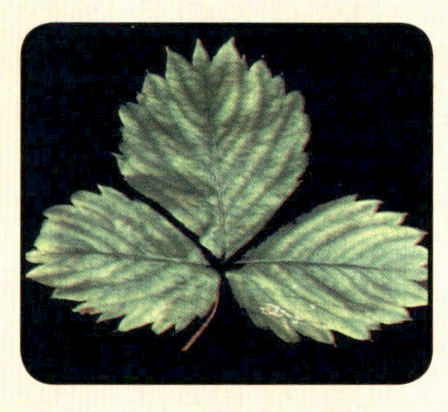
أعراض نقص المنجنيز على بعض محاصيل الخضر والموالح



أعراض نقص المنجنيز على أوراق الفاصوليا




أعراض نقص المنجنيز على أوراق البطاطس
ويلاحظ ظهور بقع بنية فى حالة النقص الشديد



أعراض نقص المنجنيز
على الفراولة

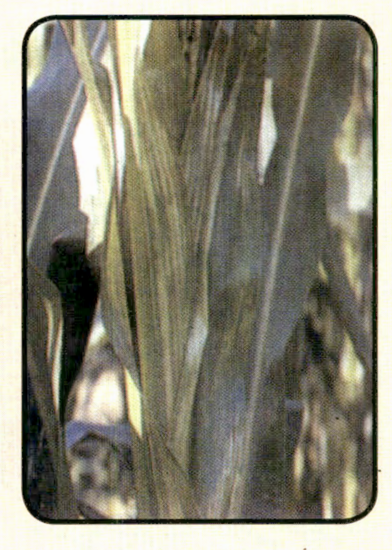


أعراض نقص المنجنيز
على أوراق الطماطم



أعراض نقص المنجنيز
على البرتقال

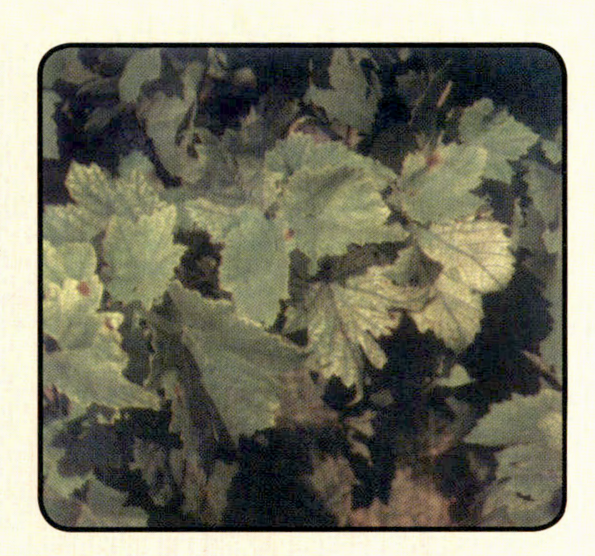
أعراض نقص الزنك على بعض المحاصيل



أعراض نقص الزنك
على نبات الذرة الشامية



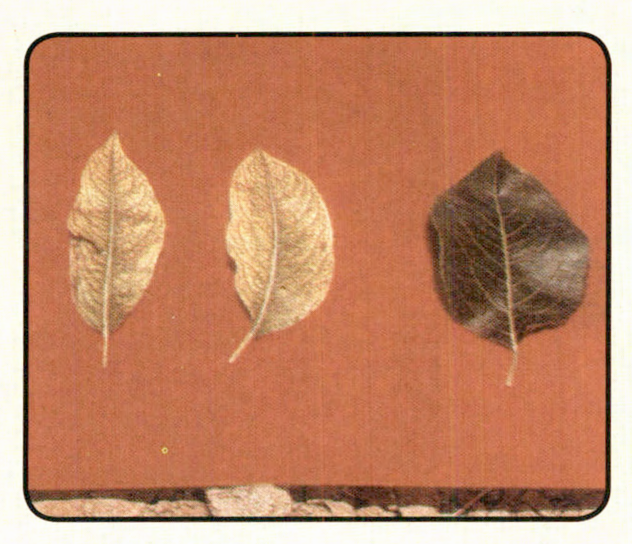
أعراض نقص الزنك
على نبات البصل



أعراض نقص الزنك
على أوراق العنب



أعراض نقص الزنك
على أوراق المانجو



أعراض نقص الزنك على أوراق الكمثرى



أعراض نقص الزنك على أوراق البرتقال